



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
MECÁNICA ELÉCTRICA**

“Análisis y selección de fuente energética fotovoltaica para la conservación de
productos biológicos en el Centro Poblado Chaguín”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

AUTOR

Kelvin Yover Ponce Valverde (ORCID: 0000-0002-8967-6589)

Jorge Juan Velásquez Zevallos (ORID: 0000-0002-2479-4349)

ASESOR

Ing. Mag. Juan Carlos Bengoa Seminario (ORID: 0000-0002-7282-0791)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Generación, Transmisión y Distribución de energía

TRUJILLO – PERÚ

2019

DEDICATORIA

La presente tesis la dedicamos en primer lugar a Dios, quien guía nuestros pasos por el buen sendero del camino correcto, en brindarnos las fuerzas necesarias para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentan en cada instante de nuestras vidas.

Los autores queremos agradecer a nuestras familias en especial a nuestros padres por su amor, comprensión, amor y ayuda en los momentos más complicados y por forjar en nosotros una carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento al Mg. Juan Carlos Bengoa Seminario, por su dirección como asesor especialista, por su visión crítica en los diferentes aspectos técnicos y metodológicos de la presente tesis.

Agradecimiento a nuestra asesora metodológica Dra. Maria Elisa Armas Alvarado, por su guía constante y por su rectitud en su profesión como docente, por sus lecciones que contribuyen a la investigación científica.

PÁGINA DEL JURADO

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don
 (a) Kelvin Yover Ponce Valverde
 cuyo título es: "Análisis y selección de fuente energética
 Fotovoltaica para la conservación de productos
 Biológicos en el centro poblado Chagvin"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por
 el estudiante, otorgándole el calificativo de: 13.....(número)
trece.....(letras).

Trujillo (o Filial) 19 de noviembre del 2019



 PRESIDENTE
 Ing. Maria Armas Alvarado




 SECRETARIO
 Ing. Raul Paredes Rosario



 VOCAL
 Ing. Juan Carlos Bengoa Seminario



NOTA: Cualquier documento impreso diferente del original, y cualquier archivo electrónico que se encuentren fuera del Campus Virtual Trilce serán considerados como COPIA NO CONTROLADA.

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02
		Versión : 09
		Fecha : 23-03-2018
		Página : 1 de 1

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don
 (a) SERGE LUIS VALÁSQUEZ ZEVALLOS
 cuyo título es: ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE FUENTE ENERGÉTICA FOTOVOLTAICA PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS BIOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO CHAGUIN

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: DOCE (letras).

Trujillo (o Filial) 19 de Diciembre del 2019


 PRESIDENTE
 Ing. Maria Armas Alvarado


 SECRETARIO
 Ing. Raul Paredes Rosario


 VOCAL
 Ing. Juan Carlos Bengoa Seminario

 Revisó Vicerrectorado de Investigación/ Trujillo	 / Responsable del S.C. Trujillo	 Aprobó Rectorado Trujillo
--	---	---

NOTA: Cualquier documento impreso diferente del original, y cualquier archivo electrónico que se encuentren fuera del Campus Virtual Trilce serán considerados como COPIA NO CONTROLADA.

Declaratoria de Autenticidad

Nosotros, Ponce Valverde, Kelvin Yover; con DNI 46221161, Y Velásquez Zevallos, Jorge Juan; con DNI 17895463; a efectos de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la universidad cesar vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, declaramos bajo juramento que toda la documentación que acompañamos en veraz y autentica.

Así mismo declaramos bajo juramento que todos los datos e información que se presentan en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto como los documentos como de información aportada por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo, julio 2019

Ponce Valverde Kelvin Yover

DNI 46221161

Velásquez Zevallos Jorge Juan

dni 17895463

ÍNDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Página del jurado	iv
Declaración de autenticidad	vi
Índice	vii
Resumen	ix
Abstract	x
I.INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	21
2.1. Diseño de investigación	21
2.2. Variables, operacionalización	21
2.2.1. Variables independientes	21
2.2.2. Variables dependientes	21
2.2.3. Operacionalización	22
2.3. Población y muestra	23
2.3.1. Población	23
2.3.2. Muestra	23
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	23
2.5. Procedimiento	23
2.6. Métodos de análisis de datos	24
2.7. Aspectos éticos	24
III. RESULTADOS	25
	vii

3.1. Irradiación solar anual y ángulo de inclinación	25
3.2. Potencia eléctrica del equipo frigorífico	29
3.3. Selección de los subsistemas de la fuente energética fotovoltaica	30
3.4. Cálculo mecánico para la instalación del panel fotovoltaico	47
3.5. Análisis económico	51
3.6. Análisis financiero	53
IV. DISCUSIÓN	54
V. CONCLUSIONES	57
VI. RECOMENDACIONES	58
VII. REFERENCIAS	59
ANEXOS	61

RESUMEN

La presente investigación se fundamenta en el análisis y selección de una fuente energética fotovoltaica para la conservación de productos biológicos, en el Centro Poblado de Chaguin - Provincia de Santiago de Chuco, para que 120 niños entre las edades de 0 a 5 años edad y madres gestantes reciban sus dosis de vacunas, protegiéndolos de enfermedades inmunoprevenibles por la administración de antígenos los cuales generan anticuerpos, produciendo inmunidad en el ser humano, para tal efectividad las vacunas deben estar en el rango de temperaturas de -7°C y 4°C . La metodología de la investigación es pre-experimental. Para tal efecto se propuso la generación de electricidad mediante la instalación de paneles fotovoltaicos monocristalinos para generar 139W necesarios en el equipo frigorífico (refrigerador y congelador) aprovechando la irradiación solar de la zona con un valor mínimo constante durante todo el año de 3400 Wh/m^2 , obteniendo como resultado que la fuente energética fotovoltaica está constituida por un panel monocristalino de 250 W, acumulador de GEL de 431Ah, controlador de 48V y equipos de protección para producir 810 Wh/día de energía eléctrica necesarios para la conservación de los productos biológicos, concluyendo que el estudio es viable con un beneficio de 815.36 \$/año, inversión en activos fijos \$ 3976.00, tasa interna de rentabilidad 99%, valor actual neto \$3200.00 y un periodo de retorno de la inversión de 5 años.

Palabras claves: *fuentes energética fotovoltaica, conservación de productos biológicos y irradiación solar*

ABSTRACT

This research is based on the analysis and selection of a source of photovoltaic energy for the conservation of biological products, in the Chaguin Center of the City of Santiago de Chuco, for 120 children between the ages of 0 to 5 years and mothers pregnant women receive their doses of vaccines, protecting them from immunopreventable diseases by the administration of antigens that are found, producing immunity in the human being, for this purpose the vaccines must be in the temperature range of -7°C and 4°C . The methodology of the research is pre-experimental. For this purpose, electricity generation was proposed through the installation of photovoltaic panels, monocrystalline, to generate, 139W, requirements in the refrigeration equipment, taking advantage of the solar irradiation of the area with a constant minimum value throughout the year of 3400 Wh/m^2 , obtaining as a result the photovoltaic energy source is constituted by a monocrystalline panel of 250 W, accumulator gel of 431Ah, controller of 48V and protection equipment to produce 810 Wh / day of electric energy for the maintenance of the biological products, concluding that the study is viable with a profit of \$ 815.36 / year, investment in fixed assets \$ 3976.00, internal rate of return 99%, net real value \$ 3200.00 and a return on investment period of 5 years.

Key Word: *photovoltaic energy source, conservation of biological products y solar irradiation*

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada: “ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE FUENTE ENERGÉTICA FOTOVOLTAICA PARA LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS BIOLÓGICOS EN EL CENTRO POBLADO CHAGUIN”, presenta la siguiente realidad problemática:

El territorio peruano tiene un relieve muy variado en sus tres regiones costa, sierra y selva, con un potencial para la aplicación de energías renovables, sobre todo para la generación de energía eléctrica mediante paneles fotovoltaicos, ya que cuenta con una variación en la irradiación solar desde un valor mínimo de 3 a un máximo de 7 KWh/m², lo cual hace un hincapié a su aprovechamiento en zonas vulnerables donde el SEIN (servicio eléctrico interconectado nacional) no es accesible (Armijo, 2006).

En la Provincia de Santiago de Chuco, se cuenta con el suministro de energía eléctrica, pero a pesar de ello es insuficiente, ya que existe alrededor de un 33% de centros poblados sin electrificación excluidos de este suministro (INEI, 2017). Uno de los centros poblados excluidos del SEIN es Chaguin, perteneciente al distrito de Quiruvilca, el cual posee buenas condiciones de irradiación solar para la producción de energía eléctrica mediante la instalación de paneles, baterías y controladores (Risol, 2015).

El Centro Poblado de Chaguin, ubicado en la Provincia de Santiago de Chuco, Departamento de La Libertad, cuenta con un promedio de 120 niños entre las edades de 0 a 5 años de edad (INEI, 2017), los cuales están recibiendo de manera ineficiente su administración de dosis de vacunas que les corresponden según su edad, debido a la mala conservación de estos productos biológicos respecto a la temperatura a la cual deben conservarse, siendo esta 4°C y -7°C, siendo esto no posible porque el centro poblado no cuenta con un sistema de electrificación, perjudicando de manera directa la salud de quienes son más vulnerables los niños y madres gestantes. Los productos biológicos que están llegando sin sus características de conservación adecuada son: Vacuna contra la hepatitis B, vacuna antineumococida, vacuna contra la varicela y vacuna combinada dTpa (gestantes) (MINSA, 2019).

Por lo expuesto anteriormente, se propone un sistema de fuente fotovoltaica, para la conservación de productos biológicos, como un proyecto de inclusión social y de carácter necesario para las poblaciones vulnerables como el centro poblado de Chaguin, beneficiándose de las altas tasas de irradiación solar en el Perú (Campos, 2007).

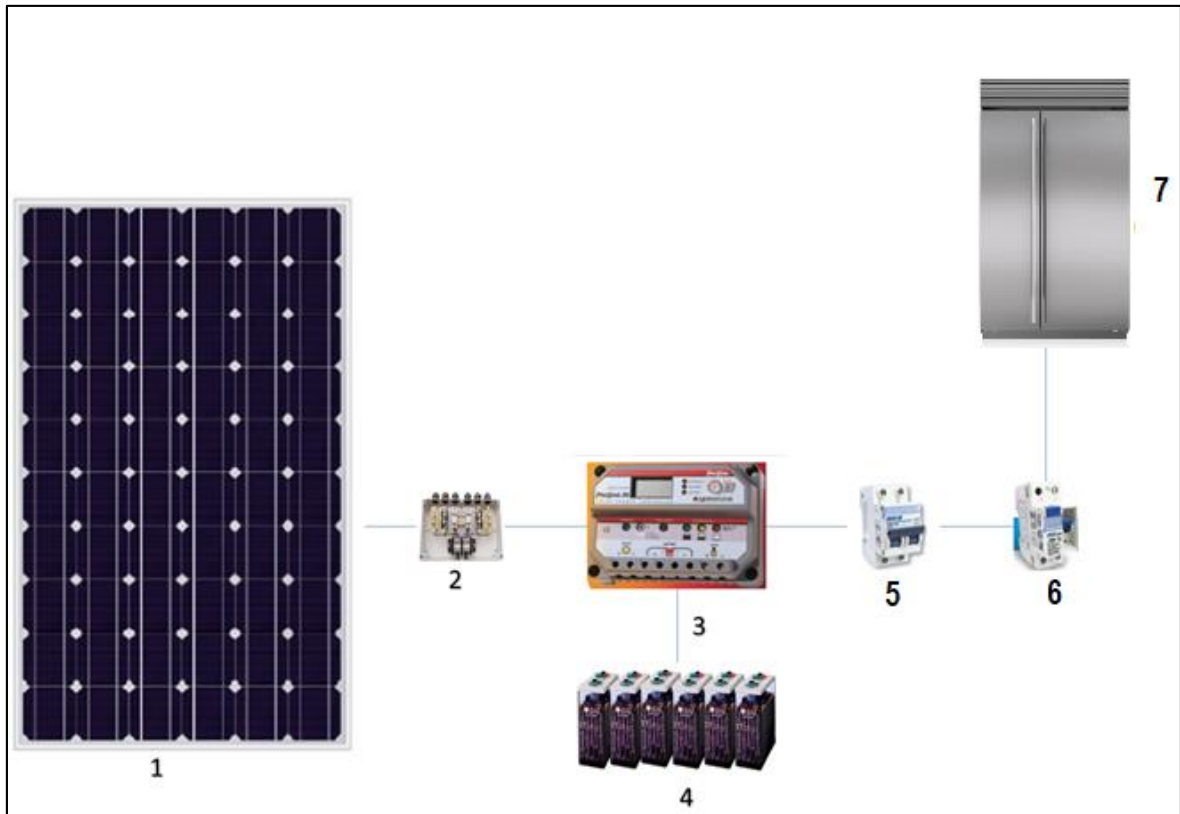


Figura 01: Fuente energética fotovoltaica: (1) panel solar, (2) Fusibles, (3) controlador, (3) baterías, 5 (interruptor termomagnético), 6 (interruptor diferencial), 7 (equipo frigorífico).

En la figura 01, se muestra la propuesta de un sistema de fuente fotovoltaica, que parte del aprovechamiento de la energía solar, mediante un panel fotovoltaico (1), el cual es protegido por un sistema de fusibles (2) para controlar la corriente de corto circuito, luego un controlador (3) regula el voltaje de corriente continua requerido por los acumuladores o baterías (4) a 12V, donde el interruptor termomagnético (5) protege los equipos en general y el interruptor diferencial (6) la vida humana, para que el equipo frigorífico (refrigerador/congelador) (7) pueda trabajar eficientemente.

Para dar sustento a la investigación se presentan los siguientes trabajos previos como antecedentes internacionales, nacionales y locales:

Hernández & Martínez (2017), Implemento un sistema fotovoltaico para el sistema de refrigeración de un hotel, mediante un sistema de refrigeración con R-12 con un flujo másico de 0.5 Kg/s, para obtener una temperatura en el rango de 5°C a 9°C, utilizando la compresión de gases mediante un compresor, el cual inyecta el gas a un condensador para ser laminado en una válvula de estrangulamiento para enviarlo a una cámara de refrigeración y obtener la temperatura deseada, con una potencia requerida de 770 W. El estudio fue experimental, obteniendo como resultado que en la zona se tiene una irradiación solar mínima de 3886 Wh/m², necesitando la instalación de 8 paneles fotovoltaicos de 150 W y un sistema de acumulación de 230Ah con un tiempo de carga de 2 días, con un inversor y controlador de 220V y 34A respectivamente, concluyendo que es viable la instalación de un sistema de refrigeración por paneles fotovoltaicos monocristalinos con un ángulo de inclinación de 22.5°, con ROI en activos fijos de 6 años, un beneficio de S/. 4398.00 y una inversión total de S/. 13546.00.

Bustamante (2016) estudio un sistema fotovoltaico para climatizar la cabina de una excavadora, mediante el ciclo de refrigeración por absorción que utiliza como fluido de trabajo al amónico, para obtener temperaturas en el rango de 10°C a 15°C con una potencia de 40W, recibiendo como fuente la energía solar para lograr el efecto frigorífico dentro de la cabina. La metodología de investigación fue descriptiva – no experimental, obteniendo como resultados los equipos: panel fotovoltaico de 100W, 1 batería de 100 Ah de 24V y 1 controlador de 50A para aprovechar la irradiación solar en la ciudad de Chiclayo la cual es en promedio 3600 Wh/m², concluyendo que la inversión económica es S/. 7444.54, con un retorno operacional de la inversión de 3 años, debido a que se reducirá el consumo de combustible que antes era utilizado para esta finalidad en un 8%, conllevando a un beneficio de 5481.00 S/./año, con un tasa interna de retorno del 71% y valor actual neto de S/. 2100.00.

Gutiérrez (2016), explico un sistema de refrigeración, mediante la utilización de paneles solares fotovoltaicos, utilizando la refrigeración por absorción con R134a que es un gas refrigerante HFC puro, para obtener una temperatura mínima de 3.5°C, mediante un sistema de refrigeración conformado por un compresor, válvula, condensador y cámara frigorífica, el estudio fue descriptivo longitudinal- no experimental. Se obtuvo como resultados que la irradiación mínima de la zona es 3754 Wh/m², necesitando la instalación

de 1 panel fotovoltaico de 180W, con un acumulador de 120 Ah de 24V, 1 controlador de 15A y equipo de protección de equipos como interruptor termomagnético. Concluyendo que el sistema de refrigeración tiene un TIR del 80%, con un VAN de S/. 2344.00, un R.O.I de 7.7 años, una inversión de S/. 10344.56 y un beneficio de 6355.00 S/. /año.

Salavarría (2016), estudio el sistema fotovoltaico para el alumbrado público de una carretera de 2130 Km de longitud en el Distrito de Morales, para aprovechar los altos índices de irradiación solar para la generación de energía eléctrica, la zona registro una irradiación máxima de 4000 Wh/m². El estudio fue descriptivo no experimental, obteniendo como resultados que el sistema fotovoltaico debe contar con los siguientes equipos: panel, controlador, acumulador, inversor, luminaria, interruptor termomagnético y diferencial, con un consumo de 810 Wh/día, concluyendo que el proyecto es satisfactorio debido a que el retorno operacional de la inversión es de 10 años, comparados con la vida útil de los equipos que en promedio es 25 años, asimismo con una inversión de 749 949\$ y un beneficio de 74 425 \$/año.

Sebastián (2014), explico que solo el 27.07% de la población rural del distrito de Llauta tiene acceso al suministro de energía eléctrica, lo cual genera una problemática cuya solución es la implementación de paneles fotovoltaicos, ya que la zona tiene nivel de irradiación solar en el rango de 3400 Wh/m² a 5000 Wh/m², lo cual hace viable este tipo de estudios. La metodología utilizada en esta investigación fue descriptivo – no experimental, donde se obtuvieron como resultados que para un sistema de iluminación se necesita una potencia mínima de 35W por luminaria, con una irradiación solar media de 4000 Wh/m², concluyendo que para cumplir tal objetivo es necesario la instalación de paneles fotovoltaicos de 100 W, baterías de 198 Ah, un regulador de 8A, con una inversión de 1645 \$/poste, benéfico de \$170.00, TIR del 88%, VAN de \$ 2300.00 y ROI de 10 años.

Valdiviezo (2014), explicó que con la energía solar, es posible la generación de energía eléctrica para abastecer 15 computadoras portátiles de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la PUCP, aprovechando los altos índices de irradiación solar de la ciudad de Lima que en promedio son 3000 Wh/m², la metodología de la investigación fue no experimental – descriptiva, obteniendo como resultados la selección de 12 Baterías con capacidad de 250Ah de 12V, 24 paneles fotovoltaicos de 150 W, 3 controladores de 50A y 24V y 1 inversor

24/230V, los postes utilizados fueron de 7.5 m de altura con cimentación de 0.6 m de largo, 0.5m de ancho y 1.2 m de profundidad, concluyendo que el proyecto es viable con una inversión de S/. 67815.00, donde sus costos de mantenimiento solo demandan el costo de S/. 200.00 y con un retorno operacional de la inversión de 11 años.

Cruz & Núñez (2013), explicó que el Perú es geográficamente un país con un elevado índice de irradiación donde los valores varían entre 2100 a 6800 Wh/m², siendo aprovechables para la generación de energía eléctrica o para el calentamiento de agua. La metodología del estudio fue descriptiva – longitudinal, Obteniendo como resultados que para la implementación de un sistema fotovoltaico domiciliario con un consumo medio de 2000 W, en una zona con una irradiación media de 3000 Wh/m² (valor que se pueden originar en la costa, sierra y selva) necesita en promedio de la instalación de 10 paneles fotovoltaicos, 5 baterías con capacidad de 150 Ah de 12 V, 1 inversor de 12V/220V, 1 controlador de 30A, concluyendo que es satisfactoria la instalación de paneles fotovoltaicos por que poseen en promedio un retorno operacional de la inversión de 5 a 8 años, donde los equipos del sistema fotovoltaico pueden ser aprovechados hasta una vida útil de 30 años.

Ángeles, De Jesús & Rosales (2012), explican que los sistemas fotovoltaicos son la tecnología renovable de la actualidad frente al cambio climático, reduciendo de esta manera los costos de combustibles para la generación de energía eléctrica. La metodología del estudio es descriptiva, donde se obtuvo como resultado que los sistemas fotovoltaicos pueden operar sin problemas de mantenimiento durante un periodo de 15 años, con una vida útil de hasta 35 años, donde la eficiencia de los paneles decrece significativamente, comparado a un sistema de alumbrado público abastecido por el SEIN (servicio eléctrico interconectado nacional) los cuales requieren de mantenimiento cada 6 meses, y tienen una vida útil de 10 años. Concluyendo que el estado debe promover el uso de este tipo de energía limpia que tienen periodos de recuperación entre 5 a 10 años, pero con ganancias significativas a largo plazo.

Flores (2011), analizó los niveles de irradiación y temperatura en la Provincia de Trujillo, para abastecer de energía eléctrica al laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo, de la escuela de Ingeniería Mecánica el cual tiene un consumo de 450 KW/mes, donde se contempla la instalación de paneles fotovoltaicos debido a que la ciudad de Trujillo cuenta con una alta irradiación solar del orden de 4100 Wh/m². El estudio es aplicado descriptivo

—no experimental, donde se obtuvo como resultado que es necesario la energía de 5400 Wh/día, por lo cual se seleccionaron 5 paneles fotovoltaicos de 200 W, concluyendo que la fuente energética fotovoltaica tiene una vida útil de 20 años y máxima de 30 años, con una beneficio de \$ 17400.00 para una vida de 20 años y una inversión fija de \$ 4700.00.

Muñoz (2011), indico que una de las aplicaciones más importantes de estos sistemas es la electrificación de zonas rurales, en las cuales no es posible hacer llegar la red de energía eléctrica convencional. Por tanto en estos lugares es mejor instalar sistemas fotovoltaicos donde uno o varios paneles solares carguen baterías para que posteriormente la energía almacenada en estas pueda ser utilizada por dispositivos convencionales (televisiones, radios, fluorescentes, etc.). Los sistemas fotovoltaicos son confiables y duraderos, no ocasionan ningún desequilibrio al ambiente y son competitivos cuando la cantidad de energía demanda es pequeña y los sitios son lejanos o es difícil llegar a ellos no teniendo acceso a la red eléctrica.

La presente cuenta con teorías relacionadas al tema de carácter seriado, como argumentaciones de tesis, artículos científicos, libros de energía solar y fotovoltaica y revistas científicas, las cuales se detallan a continuación para el desarrollo de la tesis:

Radiación e irradiación solar: Es la capacidad electromagnética que genera el sol a las superficies terrestres y de espacio, mediante reacciones atómicas de fusión que se originan en el centro de este, donde parte de esta radiación viaja $150 * 10^6$ Km para llegar a la tierra, donde al impactar sobre las superficies de la tierra se le denomina irradiación la cual es la energía que puede ser captada por un cuerpo, donde el valor máximo es 1367 Wh/m^2 , pero en el Perú el máximo nominal registrado en picos es de 1000 Wh/m^2 , pero en promedio real se tiene 7500 Wh/m^2 (Risol, 2015).

En la figura 2, se muestra las regiones del Perú, según su irradiación solar, teniendo un rango entre 4 Wh/m^2 y 7.5 Wh/m^2 , donde la costa tiene en promedio los valores más elevados en irradiación solar, seguido de la sierra en similitud con la selva.



Figura 02: Mapa solar del Perú

Fuente: Pereda, 2016

Capacidad de energía fotovoltaica: La captación de energía solar por irradiación en un panel fotovoltaico, se transforma directamente en energía eléctrica en condición alterna o continua, debido a que el panel fotovoltaico es un equipo que está acondicionado para captar la mayor capacidad de irradiación solar con materiales como el silicio que es mejor elemento de captación, pero hasta la actualidad los rendimientos de absorción no superan el 30%, por lo cual esta tecnología sigue en progreso para poder competir con la energía producida por turbinas hidráulicas que es la fuente más rentable desde el carácter económico, pero que origina contaminación ambiental.

El panel o generador fotovoltaico, para lograr tener la mayor eficiencia de captación de energía solar para la cual ha sido diseñado, debe estar expuesto a un determinado ángulo de inclinación (Delta, 2010).

Irradiación solar: La irradiación solar es un parámetro variable que depende de las características geográficas de un determinado lugar, al cual incide la energía del sol, es decir es la potencia medida en un intervalo de 1 hora en un área específica de 1 m², donde su valor depende de la zona según lo longitud y latitud (Beltrán, 2008).

Coordenadas y movimientos de la Tierra: En la figura 03, podemos detallar las coordenadas geográficas de latitud y longitud, con las cuales podemos definir con precisión una posición cualquiera de la superficie terrestre.

Las coordenadas geográficas de latitud y longitud, se expresan en grados sexagesimales y se dan con referencia al ecuador y al meridiano de Greenwich, (Beltrán, 2008).

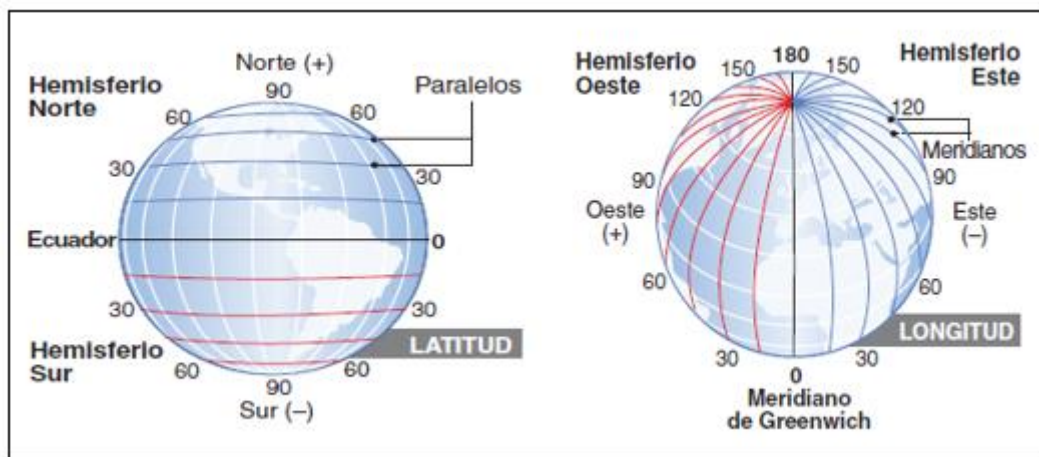


Figura 03: Latitud y longitud. Fuente: (Beltrán, 2008)

Latitud (ϕ): es el valor angular medido desde cualquier punto de la superficie de la tierra respecto a la línea ecuatorial, se mide en un rango de 0° a 90°, donde el hemisferio sur es considerado (-) y el hemisferio norte (+) (Díez, 2010).

Longitud: es el valor angular medido desde cualquier punto de la superficie de la tierra respecto al meridiano de Greenwich, se mide en un rango de 0° a 180°, donde el Oeste es considerado (+) y el Este (-) (Mendoza, 2014).

Movimiento de la Tierra:

Declinación (δ): es el ángulo medido desde la superficie elíptica respecto a la línea ecuatorial de la Tierra (Díez, 2010).

En la figura 04, se muestra el ángulo de declinación el cual tiene un valor variable a lo largo de la esfera de la tierra, donde se obtienen picos máximos de 23.45° en la estación de verano y -23.45° en la estación de invierno.

Para calcular el ángulo de declinación, se utiliza la siguiente formulación:

$$\delta = 23.45 * \sin\left(360 * \left(\frac{284 + \delta_n}{365}\right)\right) \quad (01)$$

Donde:

δ : Ángulo de declinación (°)

δ_n : Día en el periodo del año

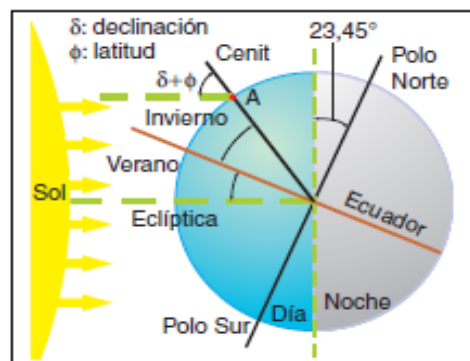


Figura 04: Ubicación de la tierra con respecto al sol

Fuente: Díez, 2010

Orientación de un módulo o panel fotovoltaico: La correcta orientación del generador fotovoltaico, nos permite obtener la mayor captación de irradiación solar aprovechando el rendimiento del panel al cual ha sido diseñado o fabricado, por lo cual la orientación es un parámetro fundamental en la instalación de estos (Fernández, 2006).

Para obtener la correcta orientación de un panel fotovoltaico, es muy importante conocer la ubicación geográfica en donde se instalaran respecto a su latitud y longitud, las cuales son definidas por coordenadas angulares.

Ángulo de acimut (α): es la medida angular proyectado sobre la superficie horizontal perpendicular al panel fotovoltaico y el hemisferio sur (Torres, 2009).

En la figura 05, se detallan las orientaciones del generador fotovoltaico, respecto a la irradiación solar a la cual este expuesto, para lo cual el ángulo acimut o de rotación es la principal variable que se relaciona directamente con la eficiencia eléctrica del panel.

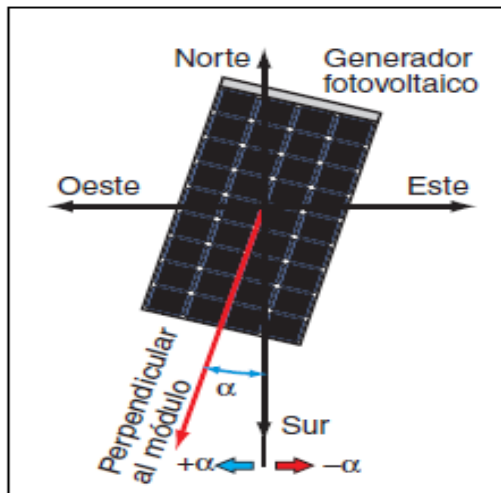


Figura 05: detalle del ángulo Acimut de un generador fotovoltaico.

Fuente: (Fernández, 2006).

Ángulo de inclinación (β): es la medida angular que forman el área del panel fotovoltaico con el plano horizontal, si el ángulo de inclinación es 90° el panel debe colocarse vertical y si el ángulo de inclinación es 0° debe colocarse en posición horizontal (Torres, 2009).

En la figura 06, se muestra el ángulo de inclinación del generador fotovoltaico respecto al plano XY, siendo este la segunda variable que se relaciona directamente con la eficiencia fotovoltaica.

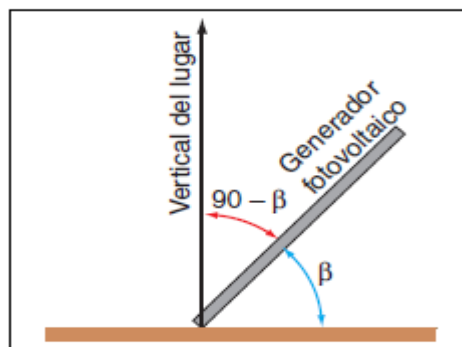


Figura 06: Ángulo de inclinación

Fuente: (Fernández, 2006).

Para la estación de invierno, se determina:

$$\beta = \phi + |\delta| \quad (02)$$

Para la estación de verano, se determina:

$$\beta = \phi - |\delta| \quad (03)$$

Dónde: ϕ latitud y δ declinación, los cuales son medidos en ($^{\circ}$)

En la figura 07, se detalla que la energía solar debe incidir en un ángulo de 90° a la superficie del panel fotovoltaico para obtener la mayor captación de irradiación y con ello producir mayor energía eléctrica.

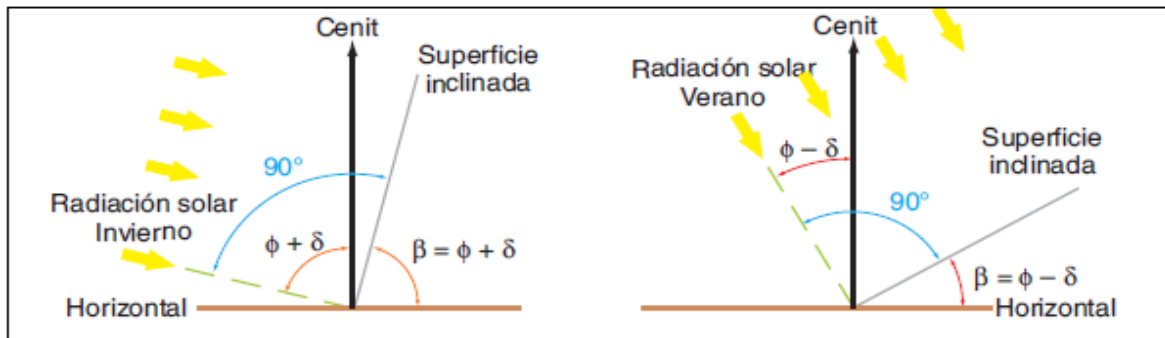


Figura 07: Ángulos incidentes en un generador fotovoltaico

Fuente: (Torres, 2009).

Efecto fotovoltaico: El efecto fotovoltaico se origina cuando los fotones de la irradiación solar son captados por las celdas del generador fotovoltaico que son de material de silicio el cual es un material semiconductor. Por lo tanto el fotón al ser captado o absorbido deja libre un electrón el cual circula por un cable eléctrico, generándose de esta manera el flujo de corriente eléctrica (Kert, 2001).

En la figura 08, se muestra el efecto fotovoltaico en un panel solar plano de silicio, en el cual se ve la incidencia de la irradiación solar para la producción de energía eléctrica.

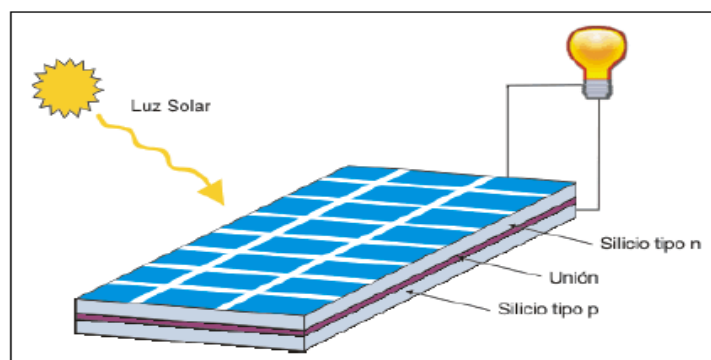


Figura 08: Efecto fotovoltaico. Fuente: (Kert, 2001)

Los paneles fotovoltaicos se pueden clasificar según sus células solar en policristalinos, monocristalinos y películas amorfo de silicio.

En la tabla 01 se muestran los diferentes tipos de célula, donde la célula de silicio monocristalino tiene una eficiencia de captación de irradiación solar en operación de 18%, seguido del silicio policristalino con 14% y silicio amorfo con 9%.

Tabla 01: Células solares para generadores fotovoltaicos

Tipo de célula	Eficiencia	Aspecto	Características
Silicio monocristalino	15...18 %		Estructura cristalina uniforme. Se fabrica en lingotes cilíndricos de gran pureza que se cortan en obleas. Se gasta mucha energía en su construcción. Es el primer material en utilizarse industrialmente.
Silicio policristalino	12...14 %		Estructura cristalina no uniforme. Se fabrica en moldes rectangulares. Menor coste que el silicio monocristalino.
Silicio amorfo	6...9 %		Estructura no cristalina. Su potencia se degrada con el tiempo de utilización. Se puede depositar como una capa muy fina en muchos tipos de soportes, incluso flexibles. Bajo coste de fabricación.

Fuente: (Dico, 2015)

En la figura 09, se muestra el movimiento de los electrones de un catión positivo a un anión negativo, formando de esta manera un circuito eléctrico de corriente continua.

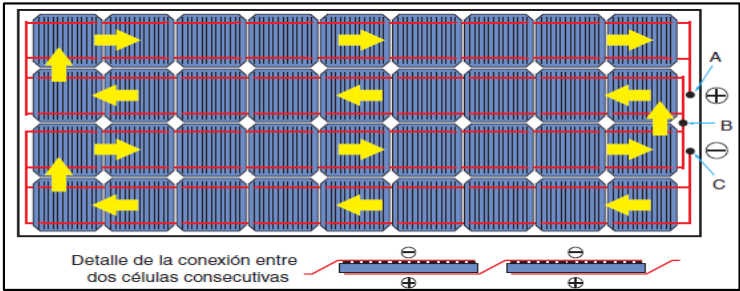


Figura 09: Movimiento de los fotones

Fuente: (Dico, 2015)

Sistema de fuente energética fotovoltaica: Un sistema fotovoltaico está constituido por un generador fotovoltaico que es el principal elemento, seguido de acumuladores para el almacenamiento de la energía, controladores para mantener constante el voltaje, inversores si es que se necesita transformar la energía monofásica en trifásica, equipos de protección personal como interruptores termomagnéticos y diferenciales para proteger equipos y la seguridad humana y conductores eléctricos.

Generador fotovoltaico: Es la agrupación de celdas de silicio que sirven para captar los fotones de la irradiación solar, permitiendo tener corriente continua con un voltaje mínimo de 12V (Mendoza, 2014).

La energía máxima, que puede captar un panel fotovoltaico, se determina:

$$(E_{\max})_p = P_{mp} * HSP * (1 - GP) \quad (04)$$

Donde:

$(E_{\max})_p$: Energía captada por el generador fotovoltaico, Wh/día

P_{mp} : Potencia solar pico.

HSP: Hora solar pico. Conversión: $(1HSP = \frac{kWh}{m^2})$

GP: Pérdida gradual de potencia

Asimismo, la energía que puede suministrar el panel fotovoltaico al sistema sería:

$$E_{\max} = \frac{P_L * t}{[1 - (K_B + K_c + K_R + K_x)] * \left[1 - \frac{(K_A * D_{aut})}{P_d}\right]} \quad (05)$$

Donde:

E_{\max} : Energía pico por día máxima, Wh/día

K_A : Constante de pérdida por descarga de batería, considerar para efectos de cálculos 0.5%, o si se tienen definido el sistema de acumulación se sugiere:

- 0.2% para acumuladores de NiCd y PbCa.
- 0.5% para acumuladores de plomo-ácido, Pb.
- 1.2% para acumuladores usados o deteriorados.

K_B : Constante de pérdida de eficiencia del acumulador, está comprendido en el rango de 5% a 10% (para acumuladores con grandess descargas)

K_c : Constante de pérdida por capacidad, con rangos que oscilan entre el 75 a 95%, si no se conocen datos se asume 25% a 5%.

K_R : Constante de pérdida por controlador, debido a la variación por intervalos del voltaje en corriente continua, se consideran para efectos de cálculos valores en el orden de 10% a 1%.

K_x : Constante en cables y equipos de seguridad, aquí se consideran también toda pérdida no considerada, se toman valores en los rangos de 15% cuando se desconoce la potencia teórica y 5% cuando se han considerado las pérdidas en todos los equipos del sistema.

P_L : Generación de potencia de refrigeración.

t : Tiempo de refrigeración.

P_d : Constante de pérdidas por profundidad de acumuladores.

D_{aut} : Tiempo de autonomía debido a lluvias o insolación.

Para evaluar la cantidad de generadores fotovoltaicos, se determina:

$$N_p = \frac{E_{max}}{(E_{max})_p} \quad (06)$$

Donde:

N_p : Cantidad de generadores fotovoltaicos

$(E_{max})_p$: Energía generada máxima, Wh/día

E_{max} : Energía máxima de la irradiación solar, Wh/día

Acumuladores: Los acumuladores o comúnmente llamados baterías, tienen la capacidad de almacenar energía eléctrica transformándola en energía química para su almacenamiento, en un medio que puede ser plomo ácido, gel entre otros (Cantec, 2009).

Para determinar la capacidad de una batería, se determina:

$$C_{Bateria} = \frac{E_{max} * D_{aut}}{V * P_d} \quad (07)$$

Donde:

V : Tensión del acumulador, voltios.

E_{max} : Energía máxima de la irradiación solar, Wh/día.

D_{aut} : Tiempo de autonomía debido a lluvias o insolación, días.

P_d : Constante de pérdidas por profundidad de acumuladores.

Controlador: El controlador tiene como finalidad regular la tensión de un generador fotovoltaico, para mantener constante el voltaje en el transcurso del tiempo, evitando las descargas excesivas de los acumuladores, permitiendo lograr una mayor eficiencia en el sistema (Cantec, 2009).

Un controlador cumple con las siguientes funciones:

- Conduce la electricidad de forma eficiente.
- Conduce de manera prolongada la energía eléctrica a los acumuladores.
- Reduce los daños por corto circuitos en los conductores eléctricos.
- Protege la batería o acumulador de grandes descargas.
- Mantiene el voltaje constante.

La corriente máxima que circula por un controlador (Ulloa, 2013), se determina:

$$I_{\text{max entrada}} = I_{SC} * fs \quad (08)$$

Donde:

$I_{\text{max entrada}}$: Corriente máxima en el controlador.

I_{SC} : Corriente de corto circuito en el generador fotovoltaico.

fs : Factor de seguridad.

Interruptor termomagnético: El interruptor termomagnético permite la protección de los equipos de daños por elevadas temperaturas y tensiones en el sistema (Cantec, 2009).

Interruptor diferencial: El interruptor diferencial es un dispositivo de seguridad humana, ya que cualquier descarga eléctrica fuera de la red del sistema, activa este mecanismo en milisegundos (Ulloa, 2013).

Fusibles: Los fusibles tienen la finalidad de cortar la red eléctrica del sistema, cuando cualquier equipo este superando los valores de amperaje corto circuito, asimismo se activa frente a cambios bruscos externos como propagación de fuegos (incendios) (Palacios, 2014).

Conductores: Un conductor eléctrico o común mente llamado cable eléctrico, es el entorno donde las características de un electrón respecto de su voltaje y amperaje pueden trasladarse mediante una sección transversal (Palacios, 2014).

El CNE (Código Nacional de Electricidad), establece que se debe utilizar cobre duro con protección de PVC para soportar temperaturas de 70°C, con elección de secciones americanas AWG.

La sección de un conductor se determina:

$$S = \frac{2 * \rho * I * L}{\delta} \quad (09)$$

Donde:

ρ : Resistividad del cobre, $\Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

$$\rho = \rho_{20^\circ\text{C}} * (1 + \alpha * \Delta T) \quad (10)$$

I: Intensidad máxima en el generador fotovoltaico, A

L: Longitud, m

δ : Caída de voltaje normada, V

α : Coeficiente de resistividad lineal, $^\circ\text{C}^{-1}$

Productos biológicos: Los productos biológicos son sustancias biológicas que se originan o producen mediante una fuente biológica y que se necesita para su caracterización del tipo de calidad, mediante procesos experimentales físicos, químicos y bilógicos. Loa productos biológicos son considerados las vacunas, derivados de la sangre, plasma, sueros y alérgenos (MINSA, 2019).

Sistema de refrigeración: Un sistema de refrigeración utiliza un gas refrigerante tal como el amónico, freón, R 134A, en otros para mantener una determinada temperatura requerida en el sistema, necesitando de un compresor para enviar el gas a una elevada presión a un condensador para la fase de líquido saturado, siendo estrangulado por una válvula de expansión para enviar dicho gas a un evaporador y obtener la temperatura deseada (Arce, 2015).

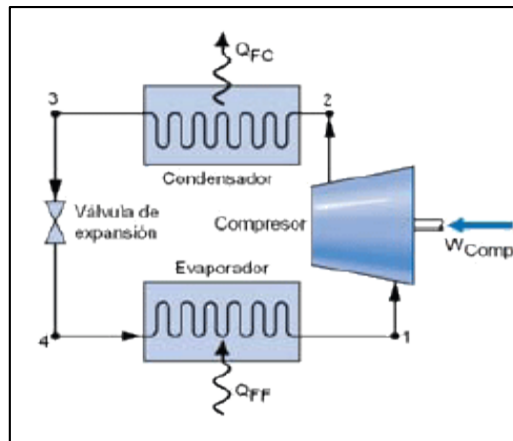


Figura 10: sistema de refrigeración

Fuente: Arce, 2015

La figura 10, muestra los equipos intervinientes en un sistema de refrigeración tales como: compresor, condensador, válvula de expansión y evaporador (cámara frigorífica).

La potencia máxima en un equipo frigorífico se determina:

$$P_r = \dot{m}_c * C_p * (T_{\text{máx.}} - T_{\text{mín.}}) \quad (11)$$

Parámetros:

P_r : Potencia máxima del equipo frigorífico (W)

\dot{m}_c : Flujo másico de la carga a refrigerar o congelar (Kg/s)

C_p : Capacidad calorífica de refrigeración o congelación, 4.12 KJ/Kg°C (Valor medio)

$T_{\text{máx.}}$ y $T_{\text{mín.}}$: Temperaturas máximas y mínimas de la carga (°C).

Periodo de retorno de la inversión: Es el tiempo en el cual se recupera la inversión inicial de los activos fijos (materiales de inversión en un proyecto), (Mankiw, 2012).

$$PRI = \frac{\text{Inversión inicial}}{\text{Beneficio útil}} \quad (12)$$

Parámetros:

- PRI: Periodo de retorno de la inversión [años]
- I: Inversión inicial [\$]
- B: Beneficio del proyecto [\$/año]

Valor actual neto: El VAN o VPN es la razón entre el flujo de caja respecto del interés y el tiempo prolongado de una inversión, es decir es la diferencia entre el costo inicial del proyecto y el costo proyectado (Mankiw, 2012).

$$VPN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (13)$$

Parámetros:

- VPN : Valor presente neto [S/.]
- F_t : Tiempos de flujo [S/.]
- r: Interés financiero [%]
- t: Número de periodos financiados [años]
- I_0 : Inversión inicial [S/.]

Tasa interna de retorno: Es el valor de la cantidad anual o tasa de reducción que hace que los valores presentes netos de los flujos de caja de una determina inversión sean próximos a cero, si el TIR es superior a 0% el proyecto tiene ganancias y si tiene un valor negativo (-), indica no es rentable financieramente, (Mankiw, 2012).

$$\sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} - I_0 = 0 \quad (14)$$

Parámetros:

- TIR: Tasa interna de retorno [%]
- F_t : Tiempos de flujo [S/.]
- r: Interés de financiero [%]
- t: Número de periodos financiados [años]
- I_0 : Inversión inicial [S/.]

En la presente investigación se plantea la siguiente formulación del problema: ¿Es viable la conservación de productos biológicos en el centro poblado Chaguin, mediante el análisis y selección de fuente energética fotovoltaica?

La investigación se justifica mediante 4 criterios: tecnológica, social, ambiental y económica:

Relevancia tecnológica: El estudio propone una solución tecnológica autónoma mediante la utilización del sol que es un recurso natural, renovable y limpio, para la generación de energía eléctrica con paneles fotovoltaicos para la conservación de productos biológicos en zonas ajenas al SEIN.

Relevancia social: La Universidad César Vallejo, como institución educativa fomenta este tipo de investigación que son de carácter de inclusión social, beneficiando a quienes son más vulnerables, siendo en este caso niños los cuales necesitan del abastecimiento de productos biológicos bajo una correcta temperatura de conservación. Permitiendo en el alumno tener un carácter humanístico y de contribución a la sociedad mediante este tipo de investigaciones.

Relevancia ambiental: la implementación de paneles fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica reducen el nivel de contaminación ambiental ya que no se utiliza ninguna fuente de combustible.

Relevancia económica: Los proyectos de inversión de energía fotovoltaica, tienen su beneficio en el transcurso del tiempo, siendo más rentable que la energía hidráulica comercializada por el SEIN (Servicio Eléctrico Interconectado Nacional), debido al consumo de una energía limpia y gratuita (energía solar).

Para dar respuesta a la formulación del problema, se plantea la siguiente hipótesis:

La conservación de productos biológicos en el centro poblado Chaguin, si es viable mediante el análisis y selección de fuente energética fotovoltaica.

Para dar respuesta al problema, se ha planteado el siguiente objetivo general:

Analizar y seleccionar fuente energética fotovoltaica para la conservación de productos biológicos en el centro poblado Chaguin.

Para poder conseguir el objetivo general, se han planteado los siguientes objetivos específicos:

1. Evaluar la irradiación solar anual en el centro poblado de Chaguin y los ángulos de inclinación de los paneles fotovoltaicos.
2. Determinar la potencia eléctrica necesaria para el equipo frigorífico para la conservación de los productos biológicos.
3. Seleccionar los equipos de la fuente energética fotovoltaica.
4. Realizar un cálculo mecánico estructural de instalación de los paneles fotovoltaicos.
5. Realizar un análisis económico: beneficio, inversión de activos fijos y retorno operacional de la inversión.
6. Realizar un análisis financiero: Valor actual neto (VAN) y tasa interna de rentabilidad (TIR).

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación:

Asimismo el estudio es de tipo Aplicado porque se conoce el fundamento de una realidad o problemática para poder cambiarla, siendo uno del método deductivo porque se fundamenta de lo general a lo particular haciendo uso de las bases científicas de la ingeniería (Hernández, 2014).

El diseño de investigación es Pre-experimental: Porque solo se analiza el cambio de una variable, siendo esta la variable independiente la cual repercute directamente en sus efectos en la variable dependiente. Pudiendo evaluar su impacto en un tiempo prolongado o futuro (Hernández, 2014).

2.2. Operacionalización de variables:

2.2.1. Variables independientes:

- **Análisis y selección de fuente energética fotovoltaica**
 - Irradiación solar
 - Potencia de carga (equipo frigorífico)
 - Selección de equipos de fuente energética fotovoltaica.

2.2.2. Variables dependientes:

- **Conservación de productos biológicos**
 - Energía máxima diaria entregada por el sistema
 - Temperatura de productos biológicos
 - Beneficio económico [S./año]

2.2.3. Operacionalización

Tabla 02: Operacionalización de las variables del proyecto

Variables	Indicadores	Definición conceptual	Definición operacional	Escala de medición
Variable Independiente				
Análisis y selección de fuente energética fotovoltaica	Irradiación solar	Es la cantidad de energía solar recibida durante un periodo de tiempo.	Los valores de Irradiación, se encuentran en los registros en Atlas solar del Perú, y varía de acuerdo a la ubicación geográfica.	Cuantitativa $\left[\frac{\text{Wh}}{\text{m}^2}\right]$
	Potencia de carga	Relación de paso de energía de un flujo por unidad de tiempo, consumida por el equipo frigorífico	Valor que depende directamente de la cantidad de productos biológicos y de la temperatura a la cual deben conservarse.	Cuantitativa [W]
	Selección de equipos del sistema autónomo	Sistema que trabaja por su cuenta de manera independiente, que no depende de ninguna institución. Son los equipos de la fuente energética fotovoltaica (Panel fotovoltaico, baterías, controlador, conductores y equipos de protección)	Los equipos se seleccionaran, según los criterios de cálculo de ingeniería.	Cualitativa
Variable Dependiente				
Conservación de productos biológicos	Energía máxima diaria entregada por el sistema	Capacidad para realizar un trabajo. Es la energía máxima diaria a entregar el panel fotovoltaico.	Se evalúa mediante un análisis eléctrico	Cuantitativa (KWh)
	Temperatura de productos biológicos	Es la temperatura de congelamiento requerida por los productos biológicos	Valor reglamentado en los productos biológicos	Cuantitativa (°C)
	Beneficio económico	Es la utilidad máxima adquirida por la generación de energía eléctrica con paneles fotovoltaicos.	Se evalúa mediante un análisis económico, basado en la cantidad de electricidad que pueden suministrar los paneles fotovoltaicos.	Cuantitativa (S/./año)

2.3. Población y muestra

2.3.1. Población: Poblaciones sin la asistencia del SEIN (Servicio Eléctrico Interconectado Nacional).

2.3.2. Muestra: Centro Poblado de Chaguin – Provincia de Santiago de Chuco.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 03: Técnicas e instrumentos del proyecto

Técnica	Instrumento
Análisis documental	Ficha de registro

2.5. Procedimiento:

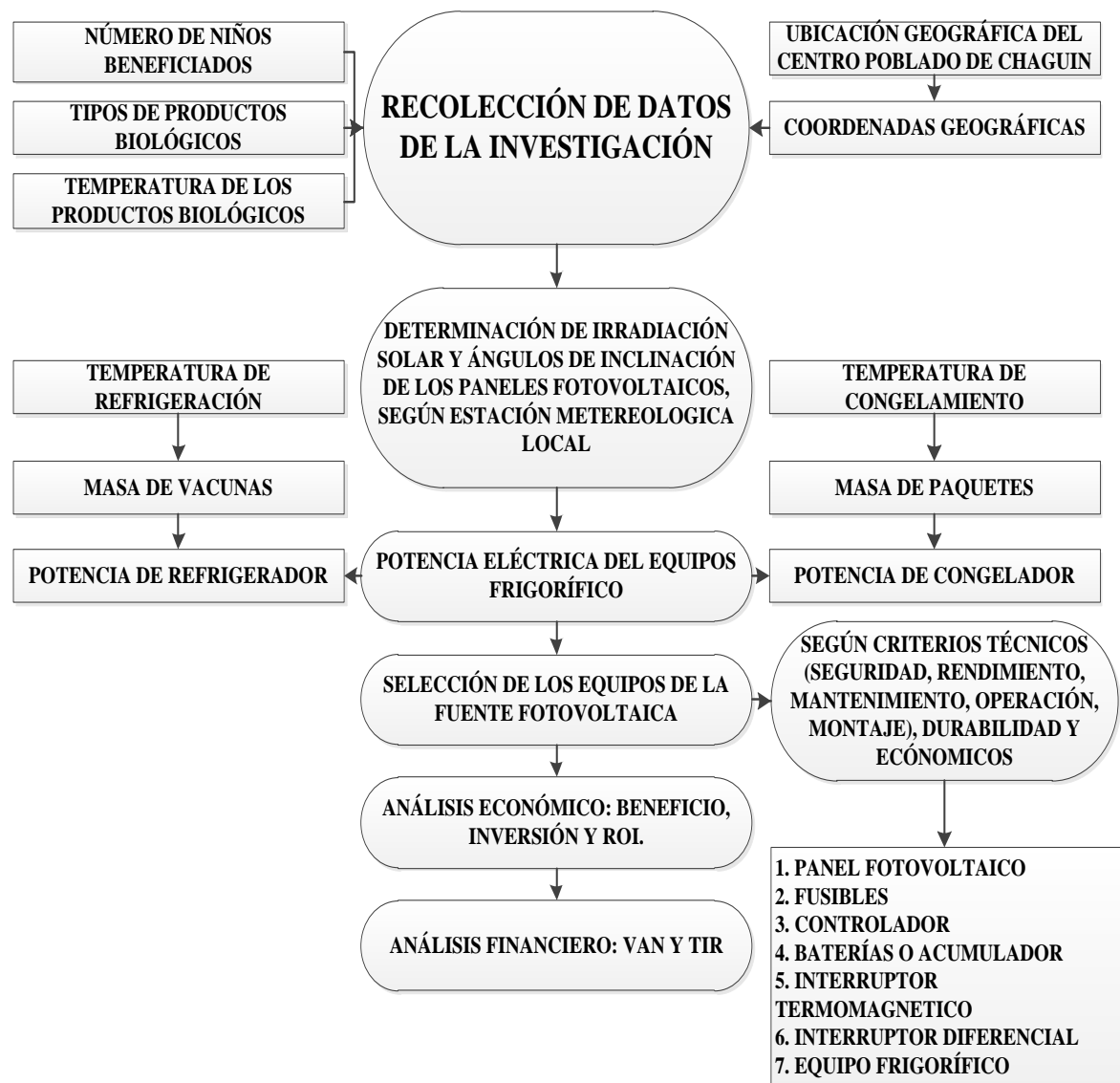


Figura 11: Procedimiento de la investigación

Fuente: Elaborado por los autores

2.6. Métodos de análisis de datos

Para procesar la información del análisis documental, mediante fichas de registros se realizara a través el programa estadístico Excel mediante hojas de cálculo, diagramas de barras, cálculo del VAN y TIR, que nos permitirá determinar los diferentes resultados de los objetivos específicos, permitiendo comparar el estado actual con la mejora del proyecto planteado.

2.7. Aspectos éticos

El investigador de la presente tesis, es consiente del bien económico (propiedad intelectual de la empresa), por lo que implica a amparar la originalidad y viabilidad de los datos recolectados y de solo adquirir los necesarios para el estudio, como también a proteger la identidad de los personas que involucran el estudio de investigación.

III. RESULTADOS

3.1. Determinación de la irradiación solar anual y ángulo de inclinación de los paneles fotovoltaicos.

En la figura 12, se muestra la ubicación geográfica del Centro Poblado Chaguin, Provincia de Santiago de Chuco, Departamento de La Libertad, el cual tiene una latitud $8^{\circ}05'05''\text{S}$ / longitud $78^{\circ}12'56''\text{W}$.



Figura 12: Ubicación geográfica del Centro Poblado Chaguin
Fuente: Earth, 2 019

En la Provincia de Santiago de Chuco, solo existe una estación de meteorología activa ubicada en el Distrito Santiago de Chuco a 13.40 Km, con una latitud 8°8'43.40"/ longitud 78°10'29.60" (Google Earth, 2019), donde los valores de altitud y longitud son similares a los valores geográficos de la zona de Chaguin, por lo tanto se consideran los valores que entrega esta estación meteorológica para el análisis de irradiación en el centro poblado de Chaguin.

En la figura 13, se muestran las coordenadas geográficas del centro poblado de Chaguin en comparación a las del Distrito de Santiago de Chuco, siendo ambas similares, por lo cual los valores existentes en el centro de meteorología del Distrito de Santiago de Chuco, serían los mismos para el centro poblado de Chaguin.

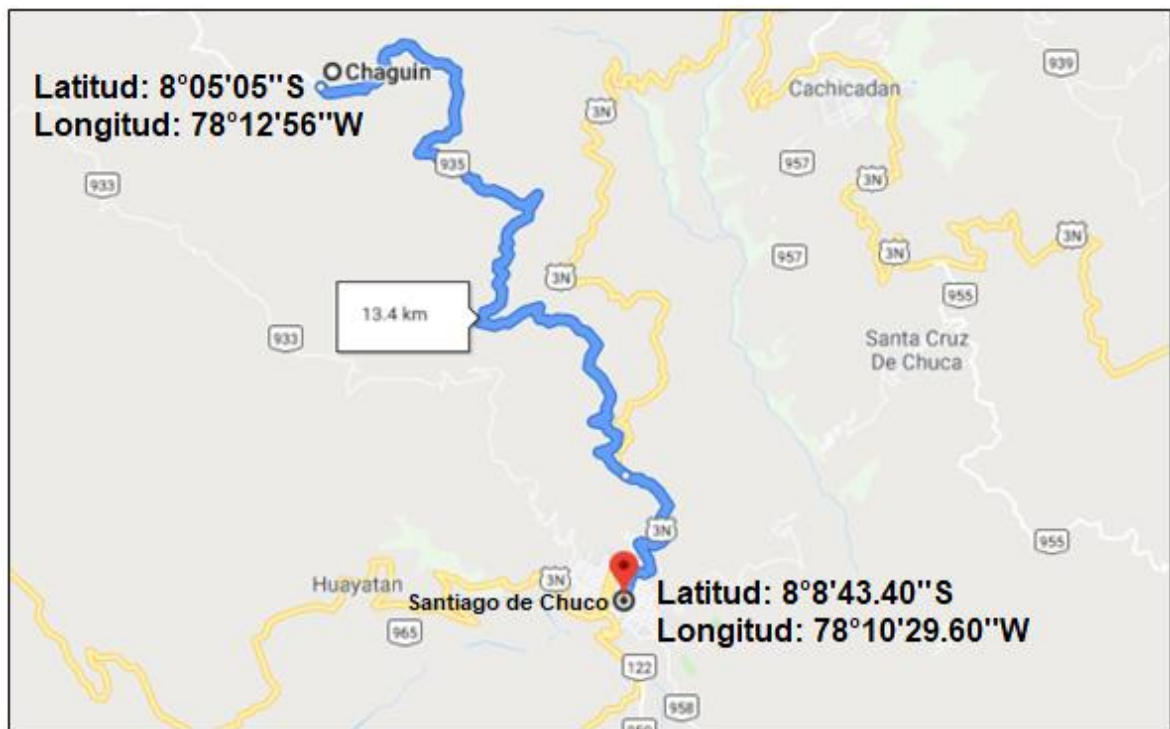


Figura 13: Ubicación de la estación meteorológica respecto del centro poblado de Chaguin

Fuente: Earth, 2 019

En la figura 14, se detallan los valores de irradiación promedios mensuales en el Distrito de Santiago de Chuco, que se tienen hasta la actualidad según el último informe de la estación meteorológica del mencionado Distrito, con una irradiación mínima de 3400 Wh/m² y máxima de 4200 Wh/m². Asimismo, para efectos de cálculos y asegurar la operatividad de los paneles fotovoltaicos se considerara para el análisis el valor más bajo de la irradiación, siendo este 3400 Wh/m² (Anexo 01).

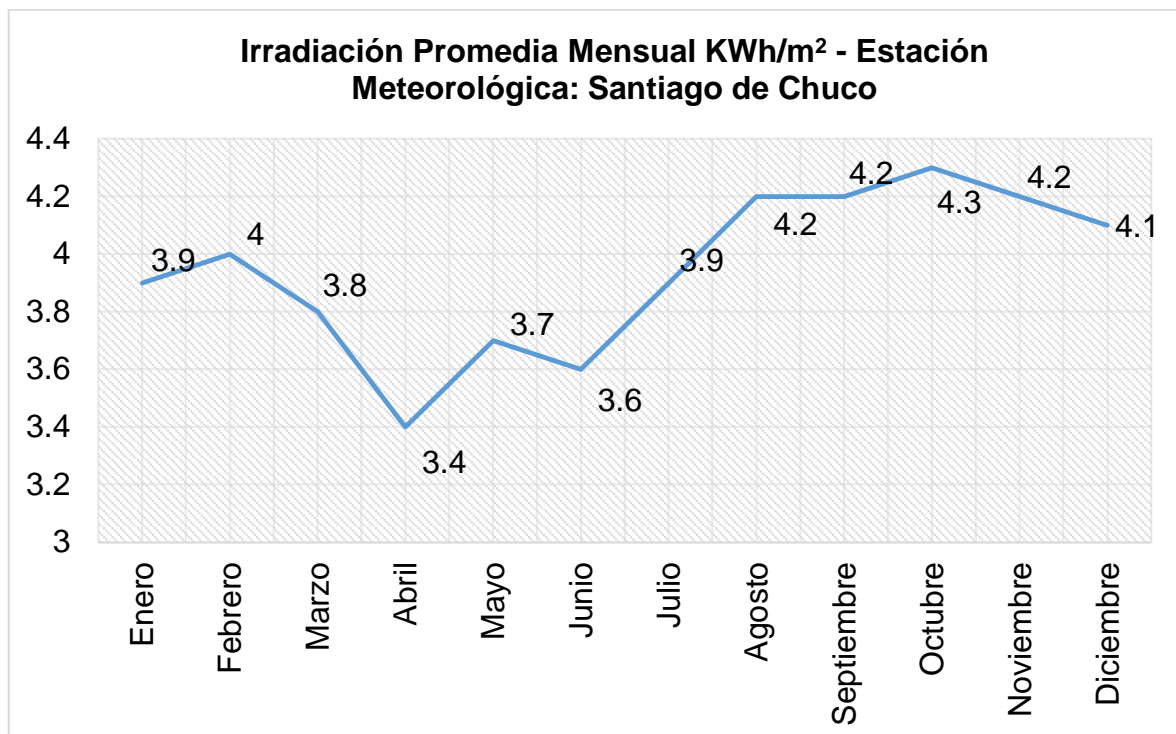


Figura 14: Irradiación mensual – Estación meteorológica en el distrito de Santiago de Chuco (Anexo 01)

Fuente: Orbegoso y Arivilca, 2 010.

En la tabla 04, se muestran los valores del ángulo de inclinación de los generadores fotovoltaicos exactamente por mes para lograr la máxima irradiación solar en el Centro Poblado Chaguin, tendiendo como estaciones predominantes verano e invierno por lo que se procedió a obtener un valor medio del ángulo por cada estación.

En la figura 15, se detalla que el panel fotovoltaico en invierno debe estar colocado a 23° respecto de la horizontal y asimismo en verano debe estar - 8° respecto de la misma línea, para que la irradiación solar forme 90° con la superficie de dicho panel fotovoltaico, logrando de esta manera el máximo aprovechamiento de la fuente del sol.

Tabla 04. Ángulos de inclinación por cada periodo mensual y promedio en invierno y verano (Anexo 02)

Mes	Inclinación del panel fotovoltaico por mes (°)	Estaciones en el Centro Poblado Chaguin
Enero	27.43°	Invierno
Febrero	19.91°	
Marzo	10.14°	
Abril	-2.91°	Verano
Mayo	-12.23°	
Junio	-16.5°	
Julio	-14.52°	
Agosto	-6.72°	
Septiembre	3.24°	
Octubre	-3.27°	
Noviembre	25.63°	Invierno
Diciembre	29.68°	
Inclinación media - Verano:		
$\sum \frac{-2.91^{\circ} - 12.23^{\circ} - 16.5^{\circ} - 14.52^{\circ} - 6.72^{\circ} + 3.24^{\circ} - 3.27^{\circ}}{7} = -8^{\circ}$		
Inclinación media - Invierno:		
$\sum \frac{27.43^{\circ} + 19.91^{\circ} + 10.14^{\circ} + 25.63^{\circ} + 29.68^{\circ}}{5} = 23^{\circ}$		

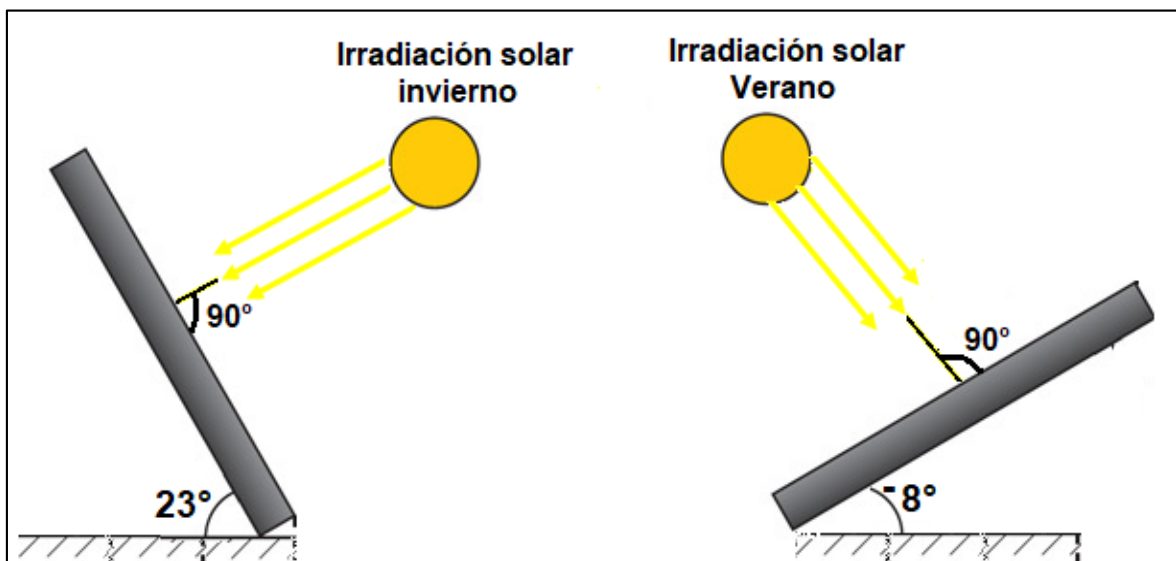


Figura 15: Inclinación del panel fotovoltaico en invierno y verano en el Centro Poblado Chaguin.

Fuente: Elaboración propia

3.2. Determinación de la potencia eléctrica necesaria para el equipo frigorífico para la conservación de los productos biológicos.

La potencia eléctrica total del equipo frigorífico, se divide en las potencias del equipo refrigerador y congelador.

Potencia eléctrica en equipo refrigerador:

- Masa máxima de los productos biológicos: 2 kg
- Tiempo promedio en sistemas de refrigeración: 60 min (3600 s)
- Capacidad calorífica de los productos biológicos: 4.12 KJ/Kg°C (4120 J/Kg°C)
- Temperatura máxima registrada en la zona: 25°C
- Temperatura mínima requerida: 4°C empleando la ecuación de la potencia necesaria para el sistema de refrigeración, tenemos:

$$P_{\text{refrigerador}} = \dot{m}_c * C_p * (T_{\text{máx.}} - T_{\text{mín}})$$
$$P_{\text{refrigerador}} = \frac{2 \text{ Kg}}{3600 \text{ s}} * 4120 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (25^\circ\text{C} - 4^\circ\text{C})$$
$$P_{\text{refrigerador}} = 55 \text{ W}$$

Potencia eléctrica en equipo congelador:

- Masa máxima de los productos biológicos: 2 kg
- Tiempo promedio en sistemas de congelación: 60 min (3600 s)
- Capacidad calorífica de los productos biológicos: 4.12 KJ/Kg°C (4120 J/Kg°C)
- Temperatura máxima registrada en la zona: 25°C
- Temperatura mínima requerida: -7°C empleando la ecuación de la potencia necesaria para el sistema de congelación, tenemos:

$$P_{\text{congelador}} = \dot{m}_c * C_p * (T_{\text{máx.}} - T_{\text{mín}})$$
$$P_{\text{congelador}} = \frac{2 \text{ Kg}}{3600 \text{ s}} * 4120 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * (25^\circ\text{C} - (-7^\circ\text{C}))$$
$$P_{\text{congelador}} = 84 \text{ W}$$

Por lo tanto la potencia total del equipo frigorífico, sería:

$$P_L = P_{\text{refrigerador}} + P_{\text{congelador}}$$

$$P_L = 55 \text{ W} + 84 \text{ W}$$

$$P_L = 139 \text{ W}$$

3.3. Selección de los subsistemas de la fuente energética fotovoltaica.

a) Panel o módulo fotovoltaico (subsistema de captación de energía):

- Determinación de la energía máxima a entregar con paneles fotovoltaicos:

$$E_{\text{max}} = \frac{P_L * t}{[1 - (K_B + K_C + K_R + K_X)] * \left[1 - \frac{(K_A * D_{\text{aut}})}{P_d}\right]}$$

Donde:

P_L : Potencia del sistema de refrigeración, 139 W

t: Tiempo de congelación, 5 horas

K_B : Constante por rendimiento de acumulador, 5%

K_C : Constante por pérdida de capacidad, 5%

K_R : Constante por pérdida por controlador, 1%

K_X : Constante por pérdida en cables y otros, 5%

K_A : Constante por pérdida de descarga de acumulador, 0.5%

P_d : Constante por pérdidas por profundidad de acumuladores, 50%

D_{aut} : Días de autonomía por lluvias o insolación, 3 días.

Por lo consiguiente la energía máxima, sería:

$$E_{\text{max}} = \frac{139 * 5}{[1 - (0,05 + 0,05 + 0,01 + 0,05)] * \left[1 - \frac{(0,005 * 3)}{0,5}\right]}$$

$$E_{\text{max}} = 853 \frac{\text{Wh}}{\text{dia}} = 0,853 \frac{\text{KWh}}{\text{dia}}$$

- Selección del tipo de panel fotovoltaico:

En la industria del Perú, existen 3 tipos de paneles fotovoltaicos: monocristalinos, policristalinos y amorfos, dónde la eficiencia es el principal parámetro de operación importante para su seleccionamiento ya que de dicho parámetro es proporcional a la vida o durabilidad del generador fotovoltaico.

Para la selección de un panel fotovoltaico respecto a su eficiencia, es necesario definir el factor de forma del panel, para lo cual se determinará el factor de forma (FF) dependiendo de la potencia pico. Para el análisis se propone una potencia de 250W para seleccionar un solo panel (análisis que se sustentará, después de la selección del generador fotovoltaico).

En la figura 16, se tiene que para un panel monocristalino el factor de forma es 3, para un panel policristalino 1.8 y para un panel amorfo 1.2.

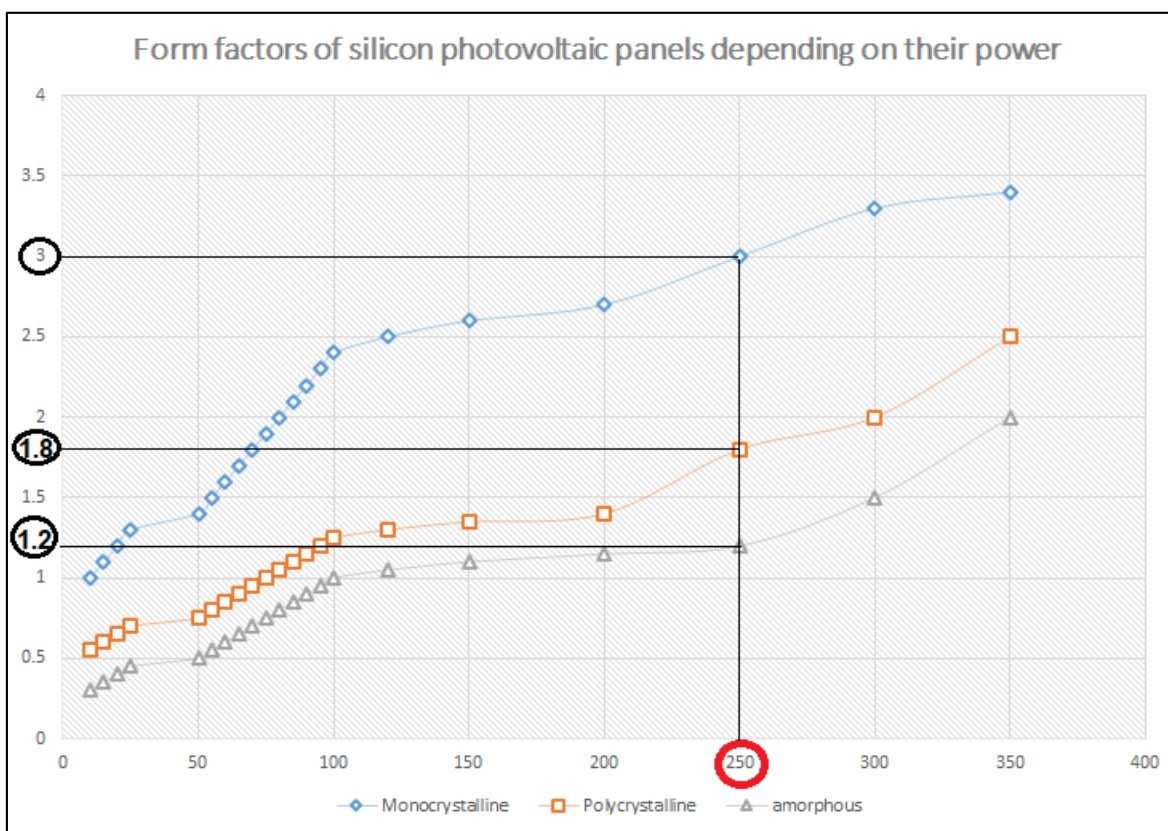


Figura 16: Potencia pico vs factores de forma de paneles fotovoltaicos

Fuente: Muñoz, 2011.

Panel fotovoltaico Monocristalino:

El rendimiento de un panel monocristalino, depende del factor de forma (FF), el cual ya está definido por el tipo de células monocristalinas el cual tiene un valor de 3. Por lo tanto seleccionando un panel fotovoltaico de 250 W monocristalino modelo SM 660 (Anexo 03).

$$\eta = \frac{FF * Voc * Isc}{G * A}$$

Dónde:

G: Es el valor de la irradiación solar en la zona, $G = 3400 \text{ Wh/m}^2$

Voc: Voltaje máximo en vacío, $Voc = 30.70 \text{ V}$ (Anexo 03).

Isc: Corriente de corto circuito, $Isc = 8.15 \text{ A}$

A: Área del panel fotovoltaico monocristalino, $A = 1.64\text{m} \times 0.992\text{m} = 1.627 \text{ m}^2$

FF: Factor de forma de células monocristalinas, $FF = 3$ (Figura 16)

Reemplazando:

$$\eta = \frac{3 * 30.70 * 8.15}{3400 * 1.627}$$

$$\eta = 0.1357 = 13.57\%$$

Panel fotovoltaico Policristalino:

El rendimiento de un panel policristalino, depende del factor de forma (FF), el cual ya está definido por el tipo de células policristalinas el cual tiene un valor de 1.80. Por lo tanto seleccionando un panel fotovoltaico de 250 W policristalino modelo TAI250 (Anexo 05).

$$\eta = \frac{FF * Voc * Isc}{G * A}$$

Dónde:

G: Es el valor de la irradiación solar en la zona, $G = 3400 \text{ Wh/m}^2$

Voc: Voltaje máximo en vacío, $Voc = 36.40 \text{ V}$ (Anexo 05).

Isc: Corriente de corto circuito, $I_{sc} = 9.03 \text{ A}$

A: Área del panel fotovoltaico monocristalino, $A = 1.64\text{m} \times 0.992\text{m} = 1.627 \text{ m}^2$

FF: Factor de forma de células monocristalinas, $FF = 1.80$ (Figura 16)

Reemplazando:

$$\eta = \frac{1.8 * 36.40 * 9.03}{3400 * 1.627}$$
$$\eta = 0.1070 = 10.70\%$$

Panel fotovoltaico amorfo:

El rendimiento de un panel amorfo, depende del factor de forma (FF), el cual ya está definido por el tipo de células amorfas el cual tiene un valor de 1.2. Por lo tanto seleccionando un panel fotovoltaico de 250 W amorfo modelo PLM-250MA-60 (Anexo 06).

$$\eta = \frac{FF * V_{oc} * I_{sc}}{G * A}$$

Dónde:

G: Es el valor de la irradiación solar en la zona, $G = 3400 \text{ Wh/m}^2$

Voc: Voltaje máximo en vacío, $V_{oc} = 38 \text{ V}$ (Anexo 06).

Isc: Corriente de corto circuito, $I_{sc} = 8.78 \text{ A}$

A: Área del panel fotovoltaico monocristalino, $A = 1.64\text{m} \times 0.992\text{m} = 1.627 \text{ m}^2$

FF: Factor de forma de células monocristalinas, $FF = 1.2$ (Figura 16)

Reemplazando:

$$\eta = \frac{1.2 * 38 * 8.78}{3400 * 1.627}$$
$$\eta = 0.072 = 7.20\%$$

En la tabla 05 se muestran los diferentes requerimientos para la selección de un panel fotovoltaico, dónde consideraron las siguientes ponderaciones:

Muy bueno	(5)
Bueno	(4)
Regular	(3)
Malo	(2)
Muy Malo	(1)

Tabla 05: Requerimientos para la selección de un panel fotovoltaico

Soluciones	Requerimientos	Seguridad	Rendimiento	Mantenimiento	Inversión/costo	Operación	Durabilidad	Montaje	Total
PANEL FOTOVOLTAICO									
A	Monocristalino	5	5	5	3	5	5	4	32
B	Policristalinos	5	3	4	4	4	3	5	28
C	Amorfo	4	1	3	2	4	2	5	21

Fuente: Elaborado por los autores

Podemos indicar, que el **panel monocristalino** tiene muy buena seguridad eléctrica, rendimiento (como se ha demostrado en el análisis de cálculos de rendimientos de paneles fotovoltaicos), mantenimiento con una frecuencia de 1 vez/año, pero regular costo de inversión por la buena resistencia de sus materiales, asimismo tienen buena operación, durabilidad y buen montaje, por lo cual lo hace una mejor solución viable frente a los paneles **policristalinos y amorfos** que poseen rendimientos muy bajos lo que limita su durabilidad en el tiempo.

En la tabla 06, se muestran los datos técnicos principales del panel fotovoltaico monocristalino modelo SM 660 del proveedor Proviento S.A.C, con una potencia pico de 250W, una eficiencia de 15.30%, tensión de 30.70V y corriente máxima de 8.15A.

Tabla 06: Parámetros principales del panel fotovoltaico seleccionado (Anexo 03)

Proveedor	Proviento SAC
Modelo	SM660
Potencia Pico	250 W
Número de celdas	60 (6x10):156mmx156mm
Dimensiones generales	1 640mm×992mm×40mm
Garantía de potencia	±3%
Voltaje máximo	30.7V
Corriente máxima	8.15A
Eficiencia nominal	15.3%
Peso	19.1 Kg

Para determinar la cantidad de paneles fotovoltaicos a utilizar, se debe utilizar la energía máxima que puede producir el panel fotovoltaico SM660 de 250 W pico.

$$(E_{\max})_p = P_{mp} * HPS * (1 - GP)$$

Donde:

P_{mp} : Potencia producida máxima pico del generador fotovoltaico, 250W

HSP: Hora Solar Pico, Por lo tanto: 3.4 HSP. ($1HSP = \frac{KWh}{m^2}$)

GP: Pérdida de potencia o garantía de potencia, 3%

$$(E_{\max})_p = P_{mp} * HSP * (1 - GP)$$

$$(E_{\max})_p = 250 * 3400 * (1 - 0.03)$$

$$(E_{\max})_p = 825 \frac{Wh}{dia} = 0.825 \frac{KWh}{dia}$$

La cantidad de generadores fotovoltaicos, serian:

$$N_p = \frac{E_{\max}}{(E_{\max})_p}$$

$$N_p = \frac{0.853 \frac{\text{KWh}}{\text{dia}}}{0.825 \frac{\text{KWh}}{\text{dia}}} = 1.033 \approx 1 \text{ panel fotovoltaico}$$

b) Batería o acumulador:

- Capacidad de la batería:

$$C_{\text{Bateria}} = \frac{E_{\max} * D_{\text{aut}}}{V * P_d}$$

Donde:

V: Tensión requerida para el almacenamiento, 12V

E_{\max} : Capacidad de energía máxima, $0.853 \frac{\text{Wh}}{\text{dia}}$

D_{aut} : Pérdidas por ineficiente insolación, 3dias.

P_d : Profundidad de batería, 50%

Reemplazando:

$$C_{\text{Bateria}} = \frac{853 \frac{\text{Wh}}{\text{dia}} * 3 \text{ dia}}{12V * 0.5} = 427 \text{ Ah}$$

- Selección del tipo de batería:

En el mercado nacional existen 3 tipos comerciales de baterías o acumuladores: ácido - plomo, GEL regulado por válvula e Iones de litio (Li-ion), las cuales se muestran en la tabla 07.

En la tabla 07 se muestran los diferentes requerimientos para la selección de una batería, dónde consideraron las siguientes ponderaciones:

Muy bueno	(5)
Bueno	(4)
Regular	(3)
Malo	(2)
Muy Malo	(1)

Tabla 07: Requerimientos para la selección de una batería

Soluciones	Requerimientos	Seguridad	Rendimiento	Mantenimiento	Inversión/costo	Operación	Durabilidad	Montaje	Total
BATERÍA O ACUMULADOR									
A	Ácido – Plomo	4	4	4	4	4	3	5	28
B	GEL- VRLA	5	5	5	4	5	5	5	34
C	Iones de litio (Li-ion)	5	5	3	2	5	5	4	29

Fuente: Elaborado por los autores

Las baterías de GEL – VRLA, poseen muy buena seguridad porque tienen celdas de gel reguladas por válvula, su rendimiento depende del tipo de descarga pero garantizan una vida de 25 años siempre y cuando no se descargue la batería más del 50% de su capacidad, su costo es relativamente alto por el precio del GEL que permiten una muy buena operación, durabilidad, montaje y además este tipo de baterías no emiten gases al medio ambiente, lo que la hacen una batería más viable frente a las de **ácido plomo** (que poseen una durabilidad muy corta debido a la placa de plomo recubierta por óxido de plomo) e **Iones de litio** (que se utilizan para almacenar grandes cargas de energía y potencia eléctrica a elevados voltajes, siendo las más costosas en el mercado).

En la tabla 08, se muestran los datos técnicos nominales de la batería de GEL regulada por válvula VRLA, seleccionando del proveedor Autosolar en Perú el modelo BAE12-431, con un voltaje de 12V, capacidad nominal 431A y con 6 celdas de 2V.

Tabla 08: Características de la batería o acumulador (Anexo 07)

Proveedor	Autosolar
Característica del acumulador	GEL - VRLA
Posición de la batería	Estacionaria
Tipo de servicio	Energías renovables limpias
Modelo del acumulador	BAE12 – 431
Tensión máxima	12V
Voltaje por celda	2V/celda – 6 celdas
Capacidad máxima del acumulador	431Ah

c) Controlador (subsistema de regulación):

A consecuencia que el generador fotovoltaico produce un voltaje máximo de 30.70V, se debe implementar un controlador para modular la tensión de las baterías de 12 V y protegerlas de las descargas profundas excesivas.

Para tal fin, el controlador depende del amperaje máximo de ingreso al controlador, el cual se calcula, mediante la siguiente expresión:

$$I_{\text{max entrada}} = I_{SC} * fs$$

Donde:

I_{SC} : Amperaje de corto circuito del generador fotovoltaico, 8.80A.

fs : Factor de servicio, se toma un 25% por encima de la corriente en corto circuito del generador fotovoltaico, es decir $Fs=1.25$.

Reemplazando:

$$I_{\text{max entrada}} = 8.80A * 1.25 = 11A$$

- Selección del controlador:

Tenemos dos tipos de controladores el MPPT y PWN los cuales son diferenciados en la tabla 09.

En la tabla 09 se muestran los diferentes requerimientos para la selección del controlador, dónde consideraron las siguientes ponderaciones:

Muy bueno	(5)
Bueno	(4)
Regular	(3)
Malo	(2)
Muy Malo	(1)

Tabla 09: Requerimientos para la selección del controlador

Soluciones	Requerimientos	Seguridad	Rendimiento	Mantenimiento	Inversión/costo	Operación	Durabilidad	Montaje	Total
CONTROLADOR									
A	MPPT (seguidor de Punto de Máxima Potencia)	5	3	5	2	3	5	5	28
B	PWM (modulación por ancho o de pulso)	5	5	5	5	5	5	5	35

Fuente: Elaborado por los autores

Los **controladores PWM** son los más viables para la fuente energética fotovoltaica porque tienen una mejor operación respecto a que trabajan donde en situaciones donde el voltaje del panel es superior al de la batería y dónde la carga es variable (irradiación solar variable durante todo el año), frente a los **controladores MPPT** los cuales controlan las baterías al mismo voltaje de los paneles fotovoltaicos el cual es 30.7V, pero el equipo de refrigeración solo necesita 12V por lo cual se descarta el uso de estos controladores, además de trabajar con valores de irradiación constantes durante todo el año.

En la tabla 10, se muestran los datos máximos de operación del controlador PWM, seleccionando del proveedor nacional Morningstar el modelo PS15, el cual permite trabajar a un régimen estable continuo de 12V, con un amperaje máximo de 15A.

Tabla 10: Características principales del controlador (Anexo 08)

Proveedor	Morningstar
Modelo	PS15
Tensión del sistema	12V
Corriente máxima	15A

d) Selección de conductores eléctricos:

El análisis se fundamentara según lo indicado en el CNE (código Nacional de Electrificación), con conductores de cobre duro con protección de PVC con una temperatura máxima de operación de 70°C. Asimismo la norma especifica que la mínima caída de tensión es 1.50% del voltaje del sistema y la selección de conductores se basarán en la norma AWG.

- Distancia: Generador fotovoltaico – Controlador

Para evaluar la sección de conductores en fase de corriente continua, se utiliza la siguiente formulación:

$$S = \frac{2 * \rho * I * L}{\delta}$$

Donde:

ρ : Es la resistividad del cobre duro a la temperatura de 70°C, pero depende de la resistividad a condiciones ambientales promedio de 20°C ($\rho = 0.01790 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$) y del coeficiente térmico con un valor constante de $\alpha = 0.00382^\circ\text{C}^{-1}$ (Anexo 09)

$$\rho = \rho_{20^\circ\text{C}} * (1 + \alpha * \Delta T) = 0.01790 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} * (1 + 0.00382^\circ\text{C}^{-1} * (70 - 20)^\circ\text{C})$$

$$\rho = 0.02132 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

I: Amperaje de corto circuito del generador fotovoltaico, I=8.80A.

L: Distancia entre generador fotovoltaico y controlador, L=3m

δ : Caída de tensión por el conductor. El generador fotovoltaico tiene un voltaje máximo de 30.7V por lo tanto tendríamos:

$$\delta = 0.015 * 30.7 = 0.4605V$$

Reemplazando:

$$S = \frac{2 * 0.02132 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} * 8.80A * 3\text{m}}{0.4605V}$$

$$S = 2.44 \text{ mm}^2$$

Normalizando, tendríamos un conductor de 3.309 mm², 12 AWG.

- Tramo: Controlador – Batería:

Datos:

$$L = 0.5 \text{ m}$$

$$\delta = 0.015 * 12V = 0.18V$$

$$I = 8.80A$$

$$\rho = 0.02132 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

Reemplazando:

$$S = \frac{2 * 0.02132 \Omega \cdot \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} * 8.80A * 0.5\text{m}}{0.18V}$$

$$S = 1.04 \text{ mm}^2$$

Normalizando, tendríamos un conductor de 1.3090 mm², 16 AWG.

- Tramo: Sistemas de protección - equipo frigorífico:

$$L = 3 \text{ m}$$

$$V = 220V$$

$$\delta = 0.015 * 220V = 3.3V$$

$$I = \frac{P}{V} * fs = \frac{55W}{220V} * 1.25 = 0.3125A$$

$$\rho = 0.02132 \Omega \cdot \frac{mm^2}{m}$$

Reemplazando:

$$S = \frac{2 * 0.02132 \Omega \cdot \frac{mm^2}{m} * 0.3125A * 3m}{3.3V}$$

$$S = 0.012 mm^2$$

Normalizando, tendríamos un conductor de 0.0509 mm², 30 AWG.

e) Sistema de protección:

Para el sistema de protección de equipos tenemos: el interruptor termomagnético y los fusibles necesarios en una instalación normada por el CNE (Código Nacional de Electrificación) y como equipo de protección humana se instala un interruptor diferencial.

Fusibles: Existen tres tipos de fusibles de pastillas, cuchillas y cilíndricos. Los fusibles cilíndricos son diseñados para trabajar con fuentes energéticas renovables y trabajan con excesos de amperaje más pequeños de alrededor de 1A, frente a las pastillas y cuchillas que son eficientes para sistemas domiciliarios y máquinas eléctricas con amplios rangos de excesos de amperaje. Las diferencias se muestran en la tabla 11.

Interruptor termomagnético: Existen unipolar y bipolar, pero la norma 150-400 del CNE especifica que deben utilizarse interruptores unipolares por que poseen mejor seguridad y operación tal como se especifica en la tabla 11.

Interruptor diferencial: Tenemos el bipolar y tetrapolar, donde el bipolar también esta normado por el CNE porque trabajan con rangos de amperaje de protección humana entre 10 a 30 mA, frente a los tetrapolar que son más costosos por que trabajan con instalaciones de gran capacidad de potencia aislado de la operatividad humana, sus diferencias las podemos encontrar en la tabla 11.

En la tabla 11 se muestran los diferentes requerimientos para la selección de los equipos de protección, dónde consideraron las siguientes ponderaciones:

Muy bueno	(5)
Bueno	(4)
Regular	(3)
Malo	(2)
Muy Malo	(1)

Tabla 11: Requerimientos para la selección de los equipos de protección

Soluciones	Requerimientos	Seguridad	Rendimiento	Mantenimiento	Inversión/costo	Operación	Durabilidad	Montaje	Total
FUSIBLES									
A	Pastillas	4	4	5	5	2	4	5	29
B	Cuchillas	2	4	5	5	3	4	5	28
C	Cilíndricos	5	5	5	4	5	5	5	34
INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO									
A	Unipolar	5	5	5	5	5	5	5	35
B	Bipolar	3	5	5	5	4	5	5	32
INTERRUPTOR DIFERENCIAL									
A	Bipolar	5	5	5	5	5	5	5	35
B	Tetrapolar	4	5	4	1	5	4	5	28

Fuente: Elaborado por los autores

- Interruptor automático termomagnético:

Se determina a través de la corriente máxima del sistema de refrigeración, es decir se tiene que seleccionar un interruptor termomagnético con un amperaje superior a un intervalo de 1 A.

En la tabla 12, se muestran los datos operativos del interruptor termomagnético, seleccionando del proveedor nacional SICA, el modelo 782101 unipolar, con un rango máximo de diferencia de corriente de 1A.

Tabla 12. Interruptor automático termomagnético (Anexo 10)

Proveedor	SICA
Característica del interruptor	Termomagnético en fase automático
Modelo	782101 unipolar
Diferencia de amperaje	1A

- **Interruptor automático diferencial**

Según el CNE (Código Nacional de Electricidad) del Perú en la normativa vigente 150-400, establece que el amperaje solicitado para la protección de la vida humana debe ser como máximo 30mA.

En la tabla 13, del proveedor SICA, se selecciona el interruptor diferencial bipolar, modelo Riel DIN35, con un rango de protección de 10 a 30mA, con una corriente máxima en el sistema de 16A y tensión de 12V.

Tabla 13: Interruptor automático diferencial (Anexo 11)

Proveedor	SICA
Característica del interruptor	Diferencial en fase automático bipolar
Montaje	Riel DIN35
Variación de corriente de protección	10 a 30mA
Corriente máxima en el sistema	16 A
Tensión en el sistema	12 V

- Fusibles:

Los fusibles deben tener una intensidad relativamente superior a la corriente de corto circuito del generador fotovoltaico la cual es 8.80A.

En la tabla 14, se selecciona del proveedor nacional Cooper Bussmann, los fusibles modelo PV10A10F, con una corriente máxima en el sistema de 10A.

Tabla 14: Características principales de los fusibles (Anexo 12)

Proveedor	Cooper Bussmann
Tipo de modelo	PV10A10F cilíndrico
Característica de uso	Sistemas de energías renovables (Paneles fotovoltaicos)
Corriente máxima del sistema	10 A

En la figura 17, se muestran las características de operación de todos los equipos de la fuente energética fotovoltaica para el correcto funcionamiento y operación en la refrigeración y congelación de los productos biológicos.

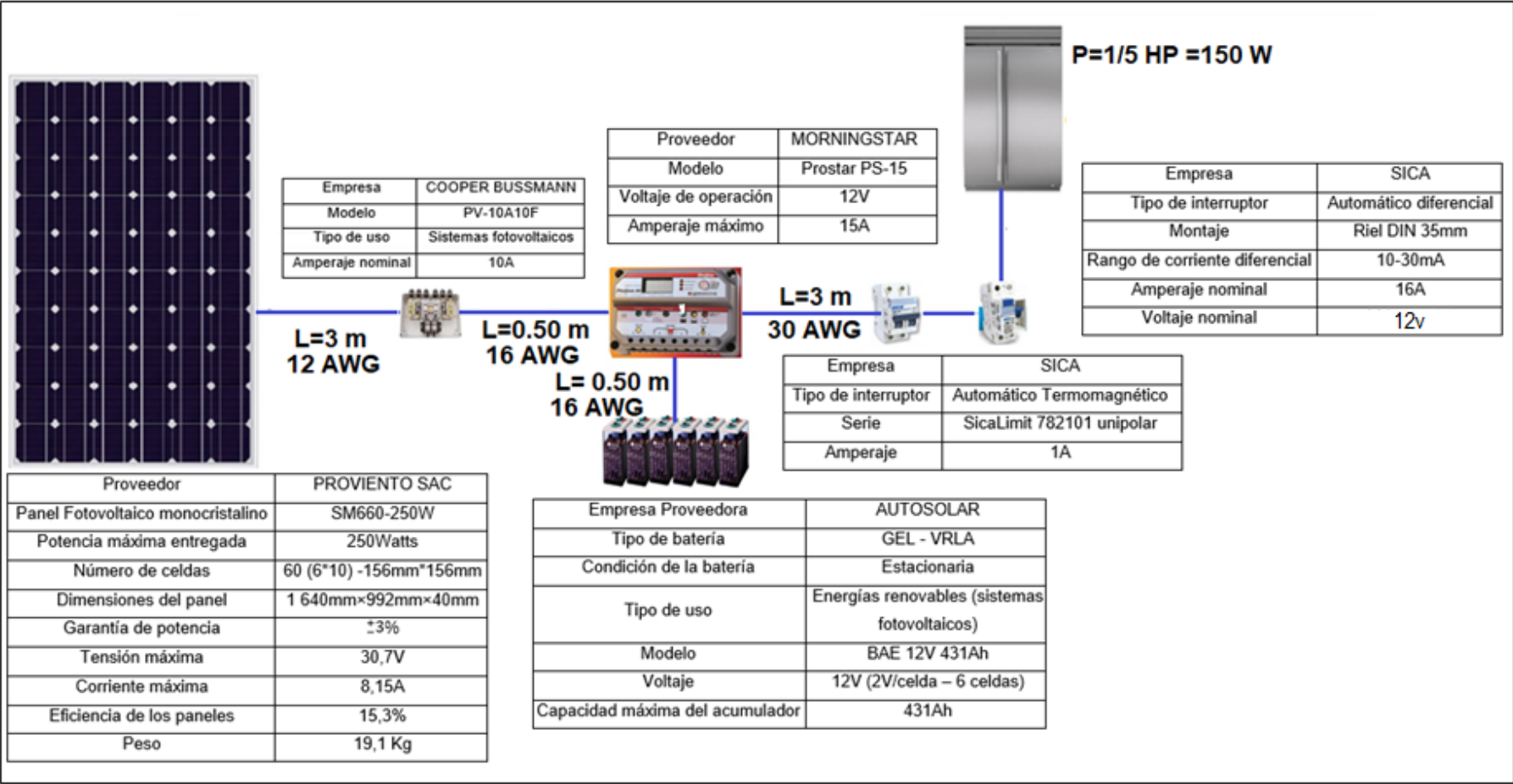


Figura 17: Equipos de la fuente energética fotovoltaica (Fuente: Elaborado por los autores)

3.4. Cálculo mecánico para la instalación del panel fotovoltaico

Para el análisis estructural de instalación, el panel fotovoltaico estará sujeto a un poste para evitar sombras que perjudiquen la irradiación solar.

- Fuerza del viento: Es la carga soportada en el área transversal del panel fotovoltaico,

$$P = 0.007 * V^2$$

Dónde la velocidad pico máxima en el centro poblado de Chaguin es 5 Km/h.

$$P = 0.007 * (5)^2$$

$$P = 0.175 \text{ Kg/m}^2$$

La masa provocada en el área transversal del panel, se calcula:

$$m = P * A$$

Dónde el área transversal del panel fotovoltaico es $1.640 * 0.992 = 1.63 \text{ m}^2$. Por lo tanto la masa sería:

$$m = 0.175 \text{ Kg/m}^2 * 1.63 \text{ m}^2$$

$$m = 0.28 \text{ Kg}$$

En Newton es:

$$W = m * g$$

La aceleración de la gravedad es 9.81 m/s^2

$$W = 0.28 \text{ Kg} * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$W = 2.75 \text{ N}$$

En la tabla 15, se muestran todos los pesos que soportará la estructura de sostenimiento (poste) del panel fotovoltaico, dichos pesos son obtenidos de valores referencias máximos de las fichas técnicas de los equipos seleccionados.

Tabla 15: Cargas sobre el poste de hormigón

Equipos que soportará el poste	Cargas
Panel Fotovoltaico	19.90Kg (195.22N)
Peso del viento	0.28 Kg (2.75 N)
Poste de hormigón, L=8m, base inferior 26.70cm y base superior 14 cm	635.98 Kg (6239 N)
Accesorios (Abrazaderas, pernos, cables)	50Kg (490.5)
Total operativo	706.16 Kg (6927.42 N)
Factor de seguridad	2
Total neto	1412.32 Kg (13854. 84 N)

- Dimensiones de la cimentación:

a) Profundidad:

La profundidad de empotramiento del poste es:

$$\text{Profundidad} = \left(\frac{H}{10} + 0.60 \right) \text{m}$$

$$\text{Profundidad} = \left(\frac{8}{10} + 0.60 \right) \text{m}$$

$$\text{Profundidad} = 1.4\text{m}$$

b) Ancho y largo:

$$b^2 = \frac{W_n}{(\sigma_{adm})_{\text{terreno}} - \gamma_{\text{terreno}} * P}$$

Donde:

W_n : Peso neto, $W_n=13854.84 \text{ N}$

P : Profundidad, $P=1.4\text{m}$

b : Largo y ancho del cimiento

$(\sigma_{adm})_{\text{terreno}}$: Resistencia admisible del suelo, el distrito de Santiago de Chuco posee un tipo de suelo arcilloso blando, el cual posee una resistencia de 100 KPa (Anexo 13).

γ_{terreno} : Peso específico del terreno, en tipo de suelo arcilloso blando el peso específico es 16677 N/m^3 (Anexo 14).

Reemplazando:

$$b^2 = \frac{13854.84}{100\,000 - (16\,677 * 1,4)}$$

$$b = 0.425\text{m} \approx 0.5\text{m}$$

Comprobando que las dimensiones consideradas, no generan un esfuerzo superior al esfuerzo máximo del terreno.

$$\sigma_{\text{efectuado}} < (\sigma_{\text{adm}})_{\text{terreno}}$$

$$\frac{W_n}{A} < 100000\text{Pa}$$

$$\frac{13854.84 \text{ N}}{0.5\text{m} * 0.5\text{m}} < 100000\text{Pa}$$

$$55\,419\text{Pa} < 100000\text{Pa}$$

Por lo tanto las dimensiones consideradas son correctas, con una profundidad de 1.4m, ancho y largo de 0.5m.

En figura 18, se muestra la ubicación del panel fotovoltaico sobre el poste de hormigón de 8m de altura neta, con cimentación de 1.4m de profundidad y 0.5m en ancho y largo.

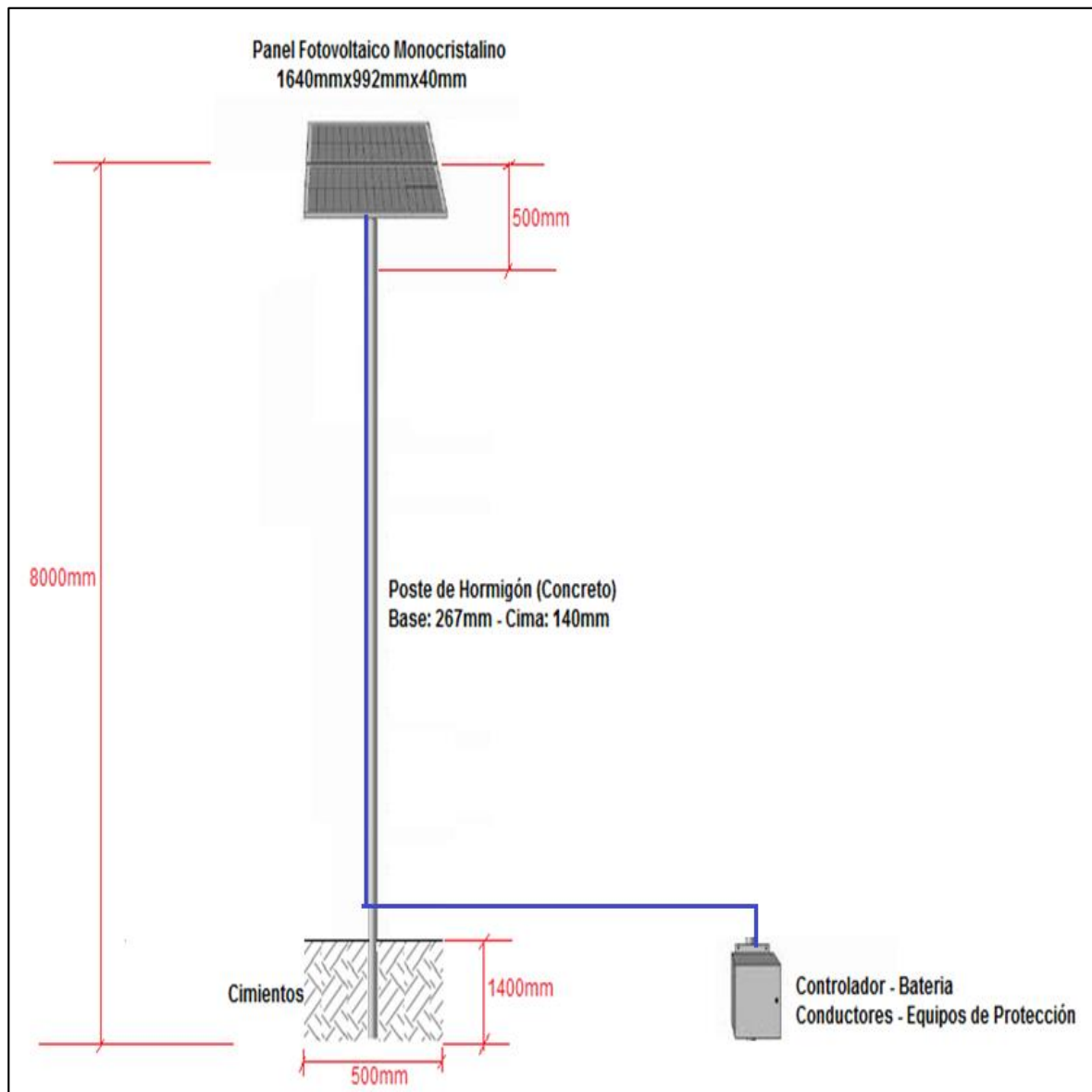


Figura 18: Instalación estructural del panel fotovoltaico

Fuente: Elaborado por los autores

3.5. Análisis económico.

a) Inversión en activos fijos

En la tabla 16, se muestran los valores económicos de la inversión para cada equipo y material de la fuente energética fotovoltaica, con un costo total de 3976.00 dólares.

Tabla 16. Inversión en activos fijos

Activo fijo	Cantidad	Costo total, \$
Generador monocristalino fotovoltaico, modelo: SM660-250Wp, 1.64mx0.992mx40mm, I=8.15A, V=30.7V, eficiencia: 15.30%.	1	350.00
Batería de GEL de válvula VRLA Autosolar modelo: BAE12-431, V=12V, C=431Ah.	1	1435.00
Controlador regulador modelo: PS15 Prostar, V=12V, I=15A.	1	210.00
Equipo de protección Interruptor termomagnético unipolar modelo SICA782101, excedente de 1A.	1	15.00
Equipo de protección humana: Interruptor diferencial, modelo: DIN35, fluctuación de amperaje I=10mA – 30mA, amperaje de operación In=16A, V=12V.	1	19.00
Fusibles térmicos – eléctrico modelo: PV10F, In=10A.	3	8.00
Calibre eléctrico (panel-controlador), denominación: 12 AWG, S=3.309 m ² , In=8.80A, L=3000 mm, V=30.70V.	3 m	3.00
Calibre eléctrico (controlador-batería), denominación: 16 AWG, S=1.3090 m ² , In=8.80A, L=500 mm, V=12V.	0.5 m	2.00
Calibre eléctrico (controlador – equipo frigorífico), denominación: 30 AWG, S=0.0509 m ² , In=0.3125A, L=3000 mm, V=12V.	3 m	1.00
Placa metálica (caja metálica) ASTM A-36, protección (batería y controlador) 600mmx200mm x 200mm.	1	23.00
Estructura de apoyo de panel: Poste de hormigón, R=1000 Kg/cm ² , base inferior de 267mm, base superior 140 mm.	1	1510.00
Cimientos de concreto 210 Kg/cm ² , altura H=1.4m, ancho a=500mm, largo L=500mm	1	50.00
Presupuesto de mano de obra	1	350.00
Costo total de la inversión		3976

b) Beneficio útil

Si el sistema se alimentara por el SEIN (Servicio Eléctrico Interconectado Nacional), tiene un costo de electrificación de 0.24\$/KWh, con un tiempo de 24 h/día, es decir 8760 h/año, se tendría que pagar:

$$B_{\text{util (01)}} = \frac{0.24\$}{\text{KWh}} * 0.15 \text{ W} * \frac{8760\text{h}}{\text{año}}$$

$$B_{\text{util (01)}} = 315.36 \frac{\$}{\text{año}}$$

Por lo consiguiente, se indica que si se utilizará la red del SEIN a la cual no tiene acceso el centro Poblado de Chaguin, se tendría que pagar 315.36 \$/año para cubrir el sistema de refrigeración de los productos biológicos. Pero la justificación de esta tesis tiene un carácter de beneficio social.

Adicionalmente al beneficio por producción de energía eléctrica, se le tendría que sumar el beneficio por costos de combustible que involucra el traslado de los productos biológicos al centro poblado de Chaguin, con un costo promedio de \$500.00 dólares/año en combustible.

$$B_{\text{util (02)}} = 500.00 \frac{\$}{\text{año}}$$

El beneficio total, seria:

$$B_{\text{util (total)}} = B_{\text{util (01)}} + B_{\text{util (02)}}$$

$$B_{\text{util (total)}} = 315.36 \frac{\$}{\text{año}} + 500.00 \frac{\$}{\text{año}}$$

$$B_{\text{util (total)}} = 815.36 \frac{\$}{\text{año}}$$

c) Retorno operacional de la inversión:

$$\text{ROI} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Beneficio}} = \frac{3\,976 \$}{815.36 \frac{\$}{\text{año}}}$$

$$\text{ROI} = 5 \text{ años}$$

3.6. Análisis financiero:

Para el análisis financiero, tenemos los siguientes datos de entrada:

Beneficio: $815.36 \frac{\$}{\text{año}}$

Inversión: 3976 \$

Para el análisis financiero, se consultó al Banco de Crédito del Perú, el cual promueve la utilización de la energía renovable, con financiamiento de 15 años y tasas de interés de 11%.

En la tabla 17, se hace uso de las ecuaciones (13) y (14) para determinar el valor actual neto y la tasa interna de rentabilidad respectivamente, donde se obtuvo un TIR de 99% y un VAN de \$ 3200.00, como valores financieros viables para el proyecto.

Tabla 17: Análisis del VAN y TIR del proyecto

FUENTE ENERGÉTICA FOTOVOLTAICA - CENTRO POBLADO CHAGUIN		
Cálculo de TIR y VAN		
Periodos de préstamo	Movimientos de Capitales	Condición del movimiento de capitales por periodo
Inversión	-\$3 976.00	Costo Inicial del Proyecto
1	\$815.4	Ganancias totales por año
2	\$815.4	Ganancias totales por año
3	\$815.4	Ganancias totales por año
4	\$815.4	Ganancias totales por año
5	\$815.4	Ganancias totales por año
6	\$815.4	Ganancias totales por año
7	\$815.4	Ganancias totales por año
8	\$815.4	Ganancias totales por año
9	\$815.4	Ganancias totales por año
10	\$815.4	Ganancias totales por año
11	\$815.4	Ganancias totales por año
12	\$815.4	Ganancias totales por año
13	\$815.4	Ganancias totales por año
14	\$815.4	Ganancias totales por año
15	\$815.4	Ganancias totales por año
Ingresos	\$12 231.00	Ganancia total
Interés	11.00%	Tasa
TIR	99%	Tasa interna de Retorno
VAN	\$ 3 200	Valor Actual Neto

IV. DISCUSIÓN

a) Evaluar la irradiación solar anual en el centro poblado de Chaguin y los ángulos de inclinación de los paneles fotovoltaicos:

Se seleccionó un sistema autónomo fotovoltaico porque es viable económicamente y técnicamente, frente a la energía hidráulica que tendría un costo económico muy alto debido a que se tendría que instalar una rueda hidráulica y transportar por conductores la energía eléctrica y técnicamente no es factible porque el río más cercano al centro poblado Chaguin está a una distancia de 3000 m y no se tiene un caudal fijo durante todo el año por la presencia de sequías en algunos meses. Asimismo la energía eólica tampoco fue una opción viable económicamente por que se tendría que adquirir equipos muy costosos como una torre, palas o paletas y generador eléctrico y técnicamente en la zona no existe una eficiente velocidad del aire por la presencia cerros o colinas. Frente a esta situación la mejor alternativa fue la energía solar para generar energía eléctrica porque económicamente solo se necesita de la implementación de un panel fotovoltaico como equipo principal, sin la necesidad de transportar a grandes distancias la electricidad por cables y técnicamente la presencia de irradiación es todo el año.

Como se indicó la mejor opción para la generación de energía eléctrica en el centro poblado es la energía solar por medio de una fuente energética fotovoltaica, dónde se seleccionaron paneles planos porque tienen un costo económicamente rentable y trabajan eficientemente con irradiaciones variables, en comparación a los paneles curvos que tienen costos de hasta 300% más que los paneles planos por su complicada fabricación y trabajan con valores de irradiación que deben ser constantes todo el año.

Por otro lado, el panel fotovoltaico plano debe trabajar con la irradiación mínima de 3400 Wh/m² para tener una fuente energética fotovoltaica continua en la producción de electricidad durante todo el año, inclinando los paneles fotovoltaicos -8° al oeste en verano y 23° hacia el sur en invierno para que puedan operar eficientemente en la captación de la irradiación solar.

b) Determinar la potencia eléctrica necesaria para el equipo frigorífico para la conservación de los productos biológicos:

Se seleccionó un equipo frigorífico de placas porque utiliza refrigerantes económicos como el R134a el cual no tienen contacto directo con el producto biológico, dado que la transferencia de energía se origina por medio de una pared sólida metálica (aluminio) en comparación a equipos frigoríficos de aire los cuales trabajan con temperaturas por arriba de 0°C y equipos frigoríficos criogénicos donde el refrigerante tiene contacto con el producto, siendo no viable debido a que los productos biológicos no deben mezclarse con gases refrigerantes.

Para determinar la potencia del equipo frigorífico, se necesitó analizar independientemente cada subsistema: refrigeración y congelamiento, porque el refrigerador trabaja a una temperatura de 4°C y el congelador a una temperatura de -7°C, para lo cual fue necesario recurrir a las fórmulas de potencia de ciclos frigoríficos, donde se deben tener como datos la masa de los productos biológicos y tiempo del ciclo para obtener la temperatura requerida, para lo cual fue necesario trabajar con datos de equipos frigoríficos similares en operación.

c) Seleccionar los equipos de la fuente energética fotovoltaica:

Se seleccionó un panel fotovoltaico plano monocristalinos porque tienen una mayor eficiencia en vida de 25 años frente a paneles policristalinos de 15 años y Amorfos de 10 años. La batería seleccionada fue de GEL porque requieren de costos de mantenimiento mínimos y por qué tienen una vida de hasta 25 años, en comparación a baterías Iones de litio y plomo-ácido las cuales tienen una vida limitada alrededor de 15 años. El controlador seleccionado fue de tipo PWM (modulación por ancho o de pulso) porque me permite regular el voltaje requerido por las baterías, así como protegerlas de descargas profundas alargando su vida útil en comparación a controladores MPPT (seguidor de Punto de Máxima Potencia) que trabajan con voltajes iguales al entregado por el panel fotovoltaico, el cual para nuestro caso es 30.70V no siendo factible porque el equipo frigorífico necesita de 12V en energía continua, se seleccionaron también equipos de protección como fusibles cilíndricos, interruptor termomagnéticos unipolar y

diferenciales bipolar para proteger a los equipos y la vida humana. En la parte eléctrica de dimensionamiento de conductores eléctricos se trabajó con la norma AWG (Calibre de alambre estadounidense), porque así lo exige el Código Nacional de Electrificación del Perú en su normativa 140-400.

d) Realizar un cálculo mecánico estructural de instalación de los paneles fotovoltaicos:

Para el análisis estructural se seleccionó postes de hormigón porque tienen una resistencia muy elevada, vida infinita y buena resistencia a la humedad, frente a postes de madera y de metal que la corrosión y la presencia de humedad son un limitante para su adquisición.

e) Realizar un análisis económico: beneficio, inversión de activos fijos y retorno operacional de la inversión:

El análisis económico incluyó los mejores materiales del mercado local, provincial y regional, para tener un eficaz sistema fotovoltaico, porque servirá para atender a población vulnerable como niños y madres gestantes del centro poblado Chaguin. Asimismo, se comparó los costos del proyecto con los costos de la red pública SEIN, existiendo un beneficio positivo viable para la fuente energética fotovoltaica, donde los equipos tienen una vida esperada de 25 años frente a un retorno de la inversión de 12 años, existiendo 13 años de ganancia útil.

f) Realizar un análisis financiero: Valor actual neto (VAN) y tasa interna de rentabilidad (TIR):

Se realizó un análisis financiero porque si no se cuenta con los fondos económicos totales para la inversión del proyecto, se puede adquirir un financiamiento, donde las entidades bancarias promueven proyectos de utilización de la energías renovables, con tasas de interés alrededor de 11% y periodos de hasta 15 años. Siendo una solución viable para la fuente energética fotovoltaica para el centro poblado de Chaguin, permitiendo que niños y madres gestantes reciban sus vacunas en condiciones correctas.

V. CONCLUSIONES

- a) Se determinó que la irradiación solar mínima en el Centro Poblado de Chaguin es 3400 Wh/m² y la máxima 4200 Wh/m², pero para el análisis de ingeniería de la selección de los equipos de la fuente fotovoltaica se trabajó con el valor mínimo. Los ángulos de inclinación son en verano -8° al oeste y en invierno 90° al sur para obtener la mayor captación de energía solar en el área transversal del panel fotovoltaico.
- b) La potencia necesaria requerida por el equipo frigorífico es 139W, con una potencia en el refrigerador de 55W para una temperatura de 4°C y una potencia en el congelador de 84W para mantener una temperatura estable de -7°C en los productos biológicos.
- c) Los equipos de la fuente energética fotovoltaica seleccionados son: 1 panel monocristalino Proviento modelo PV-10A10F de 250W con eficiencia de 15.30% con dimensiones: 1640mm x 992mm x 40mm, voltaje de 30.70V y amperaje de 8.15A; fusibles Cooper Bussmann de 10A; controlador Morningstar modelo PS-15 de 12V y 15A; batería de GEL de válvula VRLA Autosolar modelo BAE12-431 de 12V y capacidad nominal de 431Ah; interruptor termomagnético SICA unipolar de 1A de diferencias de amperaje, interruptor diferencial SICA de 30mA y equipo frigorífico de 150 W (1/5 HP).
- d) En el cálculo estructural el panel fotovoltaico estará sostenido por un poste de hormigón de 8 m de altura, con una cimentación de 1.4 metros de profundidad, 500 mm de ancho y 500 mm de largo, para soportar un peso de 13854.84 N.
- e) El presente estudio de investigación tiene una inversión en activos fijos de \$ 3976.00, un beneficio útil de 815.36 \$/año y un periodo de retorno de la inversión de 5 años.
- f) El presente estudio es viable desde el punto de vista financiero con una tasa interna de rentabilidad del 99% y un valor actual neto de \$ 3200.00.

VI. RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda comparar la fuente energética fotovoltaica seleccionada con paneles planos para producir energía continua, frente a una fuente energética fotovoltaica con paneles curvos para la producción de energía trifásica.
- b) Para la viabilidad extensiva del presente estudio, se recomienda implementar la fuente energética fotovoltaica, a otros centros poblados de la Provincia de Santiago de Chuco, para mejorar la salud de más niños y madres gestantes.
- c) Se recomienda un estudio de mantenimiento preventivo basado en el riesgo para los equipos de la fuente energética fotovoltaica, en específico para los equipos panel fotovoltaico, controlador y baterías que son equipos críticos.
- d) Se recomienda el análisis del acoplamiento de la fuente energética fotovoltaica con la Red del SEIN en condiciones de stand by, para operar durante posibles fallas en el panel, baterías y controlador, para pasar de un sistema autónomo a un sistema mixto, debido al inminente crecimiento de la red pública.
- e) Se recomienda no conectar a la fuente energética fotovoltaica otros equipos que no hayan sido considerados en el diseño, debido a que se originarían sobrecargas ya que el análisis solo ha sido realizado para abastecer al equipo frigorífico (refrigerador y congelador).

VII.REFERENCIAS

Ángeles, Q., De Jesús, R. & Rosales, Y (2009). *Propuesta de alumbrado público por medio de celdas fotovoltaicas con luminarios tipo leds para la manga, Municipio de la Yesca en el estado de Nayarit*. México, D. F: Instituto Politécnico Nacional.

Armijo, J. (2006). *Irradiación fotovoltaica en el Perú, como fuente de alimentación a sistemas de energia fotovoltaica*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Beltrán, R. (2008). *Módulos fotovoltaicos para la producción de energias limpias*. Bogotá: Uniandes.

Campos, Y. (2007). *Fuentes energeticas fotovoltaicas en el Perú*. México, D.F: McGraw-Hill.

Cantec, Y. (2009). *Análisis eléctrico en equipos fotovoltaicos* . Madrid: Universidad Autónoma de Madrid

Delta, L. (2010). *Cálculo financiero aplicado: un enfoque profesional*. Buenos Aires: Alcantilado.

Díez, R. (2010). *Cálculo de sistemas fotovoltaicos, eficiencia de paneles solares y si incidencia en el impacto solar*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Díco, P. (2015). *La energia fotovoltaica*. Lima: Universidad Nacional de Ingenieria

Fernández, P. (2006). *Analisis de radiación e iirradiación solar en paneles fotovoltaicos*. Madrid: Universidad de Cantabria.

Flores, R (2011). *La energía fotovoltaica para la reducción en el costo de la energía eléctrica, para el laboratorio de automatización en la escuela de ingeniería mecánica de la Universidad César Vallejo – Trujillo*. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo.

Hernández et al. (2014); *Metodología de la Investigación*. Sexta. México, México D.F. McGRAW-HILL/Interamericana Editores, S.A.

INEI (2017). *Análisis situacional de la población de Santiago de Chuco, proyectada en niños de 1 a 12 años de edad*, Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

Kert, E. (2001). *Eficiencia en elementos fotovoltaicos de tipo planos*. Madrid : Concepción Fernández Madrid .

Mankiw, G. (2012). *Cálculo financiero aplicado: un enfoque profesional*. Buenos Aires: Anagrama.

MINSA (2011). *Productos biológicos: vacunas, sueros y alérgenos*. Lima: Ministerio de Salud.

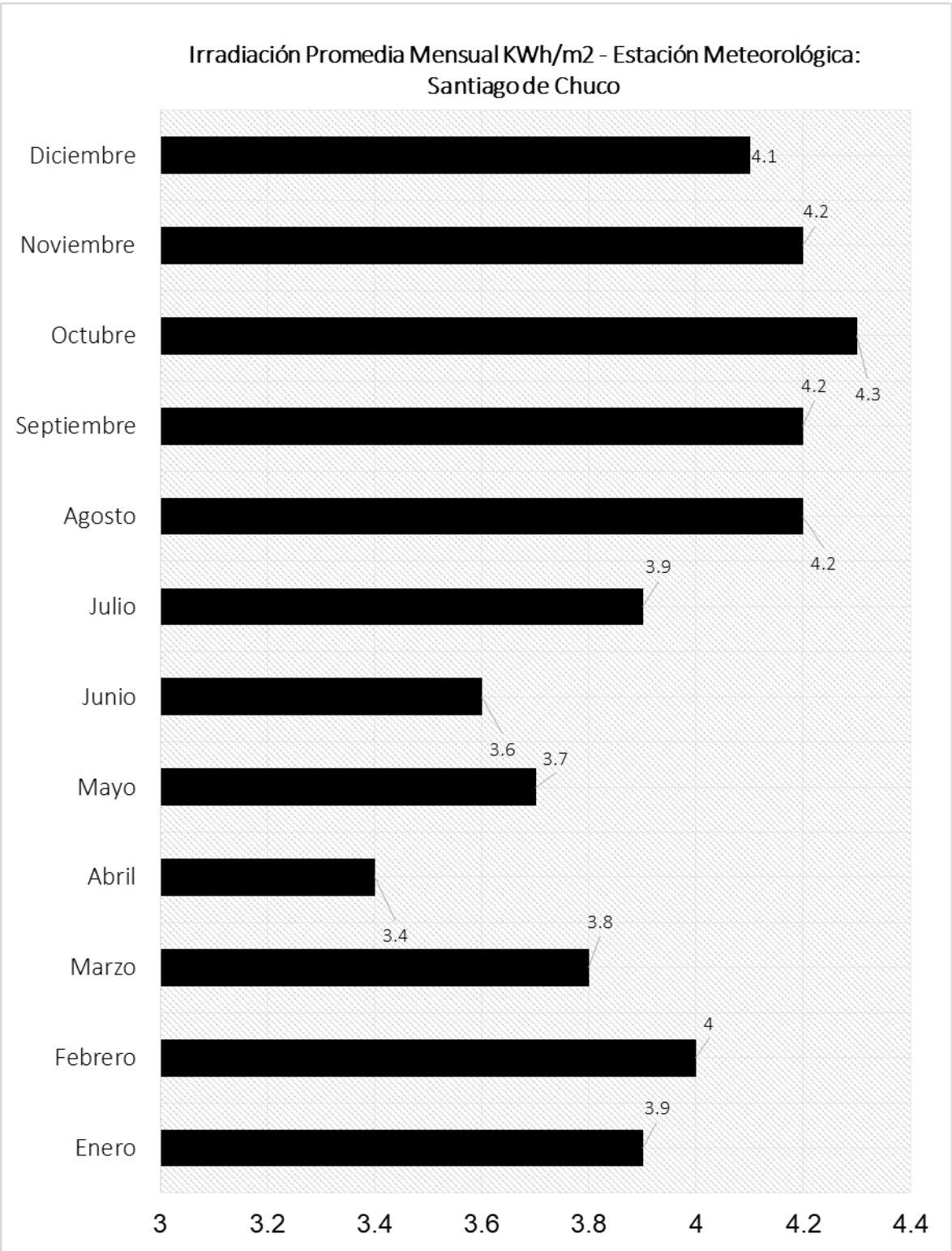
Muñoz, T (2011). *Aplicación de la energía solar para electrificación rural en zonas marginales del país*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería

Risol, G. (2015). *Enfoque de la producción de energía solar - Atlas solar del Perú: un enfoque profesional*. Lima: Diputación Provincial de Zaragoza.

Sebastián, L (2009), *Estudio de electrificación con energía solar plaza pública Distrito de Llauta-Lucanas-Ayacucho*. Piura. Universidad de Piura.

ANEXOS

A.1. Irradiación solar



A.2. Declinación de los paneles fotovoltaicos

Enero y febrero

Días Del Año	Declinación δ	Latitud ϕ	Inclinación β
1	-23.01	6.58	29.59
2	-22.93	6.58	29.51
3	-22.84	6.58	29.42
4	-22.75	6.58	29.33
5	-22.65	6.58	29.23
6	-22.54	6.58	29.12
7	-22.42	6.58	29.00
8	-22.30	6.58	28.88
9	-22.17	6.58	28.75
10	-22.04	6.58	28.62
11	-21.90	6.58	28.48
12	-21.75	6.58	28.33
13	-21.60	6.58	28.18
14	-21.44	6.58	28.02
15	-21.27	6.58	27.85
16	-21.10	6.58	27.68
17	-20.92	6.58	27.50
18	-20.73	6.58	27.31
19	-20.54	6.58	27.12
20	-20.34	6.58	26.92
21	-20.14	6.58	26.72
22	-19.93	6.58	26.51
23	-19.71	6.58	26.29
24	-19.49	6.58	26.07
25	-19.26	6.58	25.84
26	-19.03	6.58	25.61
27	-18.79	6.58	25.37
28	-18.55	6.58	25.13
29	-18.30	6.58	24.88
30	-18.04	6.58	24.62
31	-17.78	6.58	24.36
32	-17.52	6.58	24.10
33	-17.25	6.58	23.83
34	-16.97	6.58	23.55
35	-16.69	6.58	23.27
36	-16.40	6.58	22.98
37	-16.11	6.58	22.69
38	-15.82	6.58	22.40
39	-15.52	6.58	22.10
40	-15.21	6.58	21.79
41	-14.90	6.58	21.48
42	-14.59	6.58	21.17
43	-14.27	6.58	20.85
44	-13.95	6.58	20.53
45	-13.62	6.58	20.20
46	-13.29	6.58	19.87
47	-12.95	6.58	19.53
48	-12.62	6.58	19.20
49	-12.27	6.58	18.85
50	-11.93	6.58	18.51
51	-11.58	6.58	18.16
52	-11.23	6.58	17.81
53	-10.87	6.58	17.45
54	-10.51	6.58	17.09
55	-10.15	6.58	16.73
56	-9.78	6.58	16.36
57	-9.41	6.58	15.99
58	-9.04	6.58	15.62
59	-8.67	6.58	15.25

Marzo

60	-8.29	6.58	14.87
61	-7.91	6.58	14.49
62	-7.53	6.58	14.11
63	-7.15	6.58	13.73
64	-6.76	6.58	13.34
65	-6.38	6.58	12.96
66	-5.99	6.58	12.57
67	-5.60	6.58	12.18
68	-5.20	6.58	11.78
69	-4.81	6.58	11.39
70	-4.41	6.58	10.99
71	-4.02	6.58	10.60
72	-3.62	6.58	10.20
73	-3.22	6.58	9.80
74	-2.82	6.58	9.40
75	-2.42	6.58	9.00
76	-2.02	6.58	8.60
77	-1.61	6.58	8.19
78	-1.21	6.58	7.79
79	-0.81	6.58	7.39
80	-0.40	6.58	6.98
81	0.00	6.58	6.58
82	0.40	6.58	6.98
83	0.81	6.58	7.39
84	1.21	6.58	7.79
85	1.61	6.58	8.19
86	2.02	6.58	8.60
87	2.42	6.58	9.00
88	2.82	6.58	9.40
89	3.22	6.58	9.80
90	3.62	6.58	10.20

Abril

91	4.02	6.58	2.56
92	4.41	6.58	2.17
93	4.81	6.58	1.77
94	5.20	6.58	1.38
95	5.60	6.58	0.98
96	5.99	6.58	0.59
97	6.38	6.58	0.20
98	6.77	6.58	-0.19
99	7.15	6.58	-0.57
100	7.53	6.58	-0.95
101	7.92	6.58	-1.34
102	8.29	6.58	-1.71
103	8.67	6.58	-2.09
104	9.04	6.58	-2.46
105	9.42	6.58	-2.84
106	9.78	6.58	-3.20
107	10.15	6.58	-3.57
108	10.51	6.58	-3.93
109	10.87	6.58	-4.29
110	11.23	6.58	-4.65
111	11.58	6.58	-5.00
112	11.93	6.58	-5.35
113	12.27	6.58	-5.69
114	12.62	6.58	-6.04
115	12.95	6.58	-6.37
116	13.29	6.58	-6.71
117	13.62	6.58	-7.04
118	13.95	6.58	-7.37
119	14.27	6.58	-7.69
120	14.59	6.58	-8.01

Mayo

121	14.90	6.58	-8.32
122	15.21	6.58	-8.63
123	15.52	6.58	-8.94
124	15.82	6.58	-9.24
125	16.11	6.58	-9.53
126	16.40	6.58	-9.82
127	16.69	6.58	-10.11
128	16.97	6.58	-10.39
129	17.25	6.58	-10.67
130	17.52	6.58	-10.94
131	17.78	6.58	-11.20
132	18.04	6.58	-11.46
133	18.30	6.58	-11.72
134	18.55	6.58	-11.97
135	18.79	6.58	-12.21
136	19.03	6.58	-12.45
137	19.26	6.58	-12.68
138	19.49	6.58	-12.91
139	19.71	6.58	-13.13
140	19.93	6.58	-13.35
141	20.14	6.58	-13.56
142	20.34	6.58	-13.76
143	20.54	6.58	-13.96
144	20.73	6.58	-14.15
145	20.92	6.58	-14.34
146	21.10	6.58	-14.52
147	21.27	6.58	-14.69
148	21.44	6.58	-14.86
149	21.60	6.58	-15.02
150	21.75	6.58	-15.17
151	21.90	6.58	-15.32

Junio

152	22.04	6.58	-15.46
153	22.17	6.58	-15.59
154	22.30	6.58	-15.72
155	22.42	6.58	-15.84
156	22.54	6.58	-15.96
157	22.65	6.58	-16.07
158	22.75	6.58	-16.17
159	22.84	6.58	-16.26
160	22.93	6.58	-16.35
161	23.01	6.58	-16.43
162	23.09	6.58	-16.51
163	23.15	6.58	-16.57
164	23.21	6.58	-16.63
165	23.27	6.58	-16.69
166	23.31	6.58	-16.73
167	23.35	6.58	-16.77
168	23.39	6.58	-16.81
169	23.41	6.58	-16.83
170	23.43	6.58	-16.85
171	23.44	6.58	-16.86
172	23.45	6.58	-16.87
173	23.45	6.58	-16.87
174	23.44	6.58	-16.86
175	23.42	6.58	-16.84
176	23.40	6.58	-16.82
177	23.37	6.58	-16.79
178	23.34	6.58	-16.76
179	23.29	6.58	-16.71
180	23.24	6.58	-16.66
181	23.18	6.58	-16.60

Julio

182	23.12	6.58	-16.54
183	23.05	6.58	-16.47
184	22.97	6.58	-16.39
185	22.89	6.58	-16.31
186	22.80	6.58	-16.22
187	22.70	6.58	-16.12
188	22.59	6.58	-16.01
189	22.48	6.58	-15.90
190	22.36	6.58	-15.78
191	22.24	6.58	-15.66
192	22.11	6.58	-15.53
193	21.97	6.58	-15.39
194	21.83	6.58	-15.25
195	21.67	6.58	-15.09
196	21.52	6.58	-14.94
197	21.35	6.58	-14.77
198	21.18	6.58	-14.60
199	21.01	6.58	-14.43
200	20.82	6.58	-14.24
201	20.64	6.58	-14.06
202	20.44	6.58	-13.86
203	20.24	6.58	-13.66
204	20.03	6.58	-13.45
205	19.82	6.58	-13.24
206	19.60	6.58	-13.02
207	19.38	6.58	-12.80
208	19.15	6.58	-12.57
209	18.91	6.58	-12.33
210	18.67	6.58	-12.09
211	18.42	6.58	-11.84
212	18.17	6.58	-11.59

Agosto

213	17.91	6.58	-11.33
214	17.65	6.58	-11.07
215	17.38	6.58	-10.80
216	17.11	6.58	-10.53
217	16.83	6.58	-10.25
218	16.55	6.58	-9.97
219	16.26	6.58	-9.68
220	15.96	6.58	-9.38
221	15.67	6.58	-9.09
222	15.36	6.58	-8.78
223	15.06	6.58	-8.48
224	14.74	6.58	-8.16
225	14.43	6.58	-7.85
226	14.11	6.58	-7.53
227	13.78	6.58	-7.20
228	13.45	6.58	-6.87
229	13.12	6.58	-6.54
230	12.79	6.58	-6.21
231	12.45	6.58	-5.87
232	12.10	6.58	-5.52
233	11.75	6.58	-5.17
234	11.40	6.58	-4.82
235	11.05	6.58	-4.47
236	10.69	6.58	-4.11
237	10.33	6.58	-3.75
238	9.97	6.58	-3.39
239	9.60	6.58	-3.02
240	9.23	6.58	-2.65
241	8.86	6.58	-2.28
242	8.48	6.58	-1.90
243	8.10	6.58	-1.52

Septiembre

244	7.72	6.58	-1.14
245	7.34	6.58	-0.76
246	6.96	6.58	-0.38
247	6.57	6.58	0.01
248	6.18	6.58	0.40
249	5.79	6.58	0.79
250	5.40	6.58	1.18
251	5.01	6.58	1.57
252	4.61	6.58	1.97
253	4.22	6.58	2.36
254	3.82	6.58	2.76
255	3.42	6.58	3.16
256	3.02	6.58	3.56
257	2.62	6.58	3.96
258	2.22	6.58	4.36
259	1.81	6.58	4.77
260	1.41	6.58	5.17
261	1.01	6.58	5.57
262	0.60	6.58	5.98
263	0.20	6.58	6.38
264	-0.20	6.58	6.38
265	-0.61	6.58	5.97
266	-1.01	6.58	5.57
267	-1.41	6.58	5.17
268	-1.82	6.58	4.76
269	-2.22	6.58	4.36
270	-2.62	6.58	3.96
271	-3.02	6.58	3.56
272	-3.42	6.58	3.16
273	-3.82	6.58	2.76

Octubre

274	-4.22	6.58	2.36
275	-4.61	6.58	1.97
276	-5.01	6.58	1.57
277	-5.40	6.58	1.18
278	-5.79	6.58	0.79
279	-6.18	6.58	0.40
280	-6.57	6.58	0.01
281	-6.96	6.58	-0.38
282	-7.34	6.58	-0.76
283	-7.73	6.58	-1.15
284	-8.11	6.58	-1.53
285	-8.48	6.58	-1.90
286	-8.86	6.58	-2.28
287	-9.23	6.58	-2.65
288	-9.60	6.58	-3.02
289	-9.97	6.58	-3.39
290	-10.33	6.58	-3.75
291	-10.69	6.58	-4.11
292	-11.05	6.58	-4.47
293	-11.40	6.58	-4.82
294	-11.75	6.58	-5.17
295	-12.10	6.58	-5.52
296	-12.45	6.58	-5.87
297	-12.79	6.58	-6.21
298	-13.12	6.58	-6.54
299	-13.46	6.58	-6.88
300	-13.78	6.58	-7.20
301	-14.11	6.58	-7.53
302	-14.43	6.58	-7.85
303	-14.74	6.58	-8.16
304	-15.06	6.58	-8.48

Noviembre

305	-15.36	6.58	21.94
306	-15.67	6.58	22.25
307	-15.96	6.58	22.54
308	-16.26	6.58	22.84
309	-16.55	6.58	23.13
310	-16.83	6.58	23.41
311	-17.11	6.58	23.69
312	-17.38	6.58	23.96
313	-17.65	6.58	24.23
314	-17.91	6.58	24.49
315	-18.17	6.58	24.75
316	-18.42	6.58	25.00
317	-18.67	6.58	25.25
318	-18.91	6.58	25.49
319	-19.15	6.58	25.73
320	-19.38	6.58	25.96
321	-19.60	6.58	26.18
322	-19.82	6.58	26.40
323	-20.03	6.58	26.61
324	-20.24	6.58	26.82
325	-20.44	6.58	27.02
326	-20.64	6.58	27.22
327	-20.83	6.58	27.41
328	-21.01	6.58	27.59
329	-21.18	6.58	27.76
330	-21.35	6.58	27.93
331	-21.52	6.58	28.10
332	-21.67	6.58	28.25
333	-21.83	6.58	28.41
334	-21.97	6.58	28.55

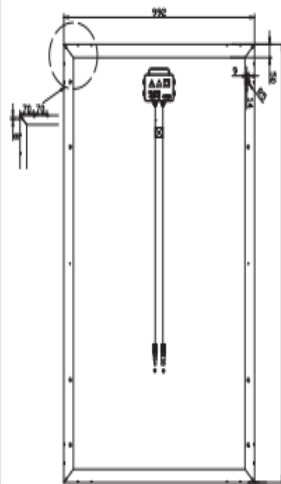
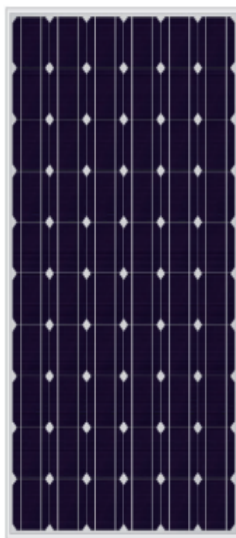
Diciembre

335	-22.11	6.58	28.69
336	-22.24	6.58	28.82
337	-22.36	6.58	28.94
338	-22.48	6.58	29.06
339	-22.59	6.58	29.17
340	-22.70	6.58	29.28
341	-22.80	6.58	29.38
342	-22.89	6.58	29.47
343	-22.97	6.58	29.55
344	-23.05	6.58	29.63
345	-23.12	6.58	29.70
346	-23.18	6.58	29.76
347	-23.24	6.58	29.82
348	-23.29	6.58	29.87
349	-23.34	6.58	29.92
350	-23.37	6.58	29.95
351	-23.40	6.58	29.98
352	-23.42	6.58	30.00
353	-23.44	6.58	30.02
354	-23.45	6.58	30.03
355	-23.45	6.58	30.03
356	-23.44	6.58	30.02
357	-23.43	6.58	30.01
358	-23.41	6.58	29.99
359	-23.39	6.58	29.97
360	-23.35	6.58	29.93
361	-23.31	6.58	29.89
362	-23.27	6.58	29.85
363	-23.21	6.58	29.79
364	-23.15	6.58	29.73
365	-23.09	6.58	29.67

Specification | Photovoltaic Module



SIMAX 156 Solarmodule (SM660-230W-240W-250W)



Mechanical Characteristics

Solar Cell	Monocrystalline silicon 156x156(mm)
No. of Cells	60 (6 x 10)
Dimensions	1640 x 992 x 40 / 50 (mm)
Weight	19.1 kg
Front Glass	3.2mm (0.13 inches) tempered glass
Frame	Anodized aluminum alloy

Output

Cable Type	Ø = 4 mm ²
Lengths	L = 900 mm
Junction Box	PV - JB003 MC4

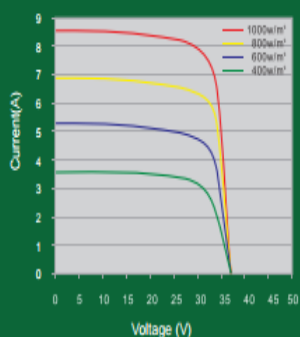
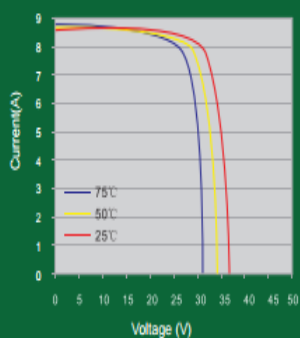
Temperature Coefficients

Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45 ± 2°C
Temperature Coefficient of (P _{max})	-0.39% / °C
Temperature Coefficient of (V _{oc})	-0.34% / °C
Temperature Coefficient of (I _{sc})	0.036% / °C



Photon

Parameters	SM660-230	SM660-240	SM660-250
Peak power [Wp] P_{mpp}	230W	240W	250W
Power Tolerance	0~+3%	0~+3%	0~+3%
Module Efficiency (%)	14.8%	15.1%	15.3%
Open circuit voltage [V] V_{oc}	36.8	37.4	38.1
Maximum Power Voltage [V] (V_{mpp})	29.7	30.2	30.7
Maximum Power Current [A] (I_{mpp})	7.69	7.94	8.15
Short circuit Current [A] (I_{sc})	8.30	8.58	8.80



STC: Irradiance : 1000 W/m²; Spectrum AM 1,5; Cell temperature: 25°C; Wind 0 m/s

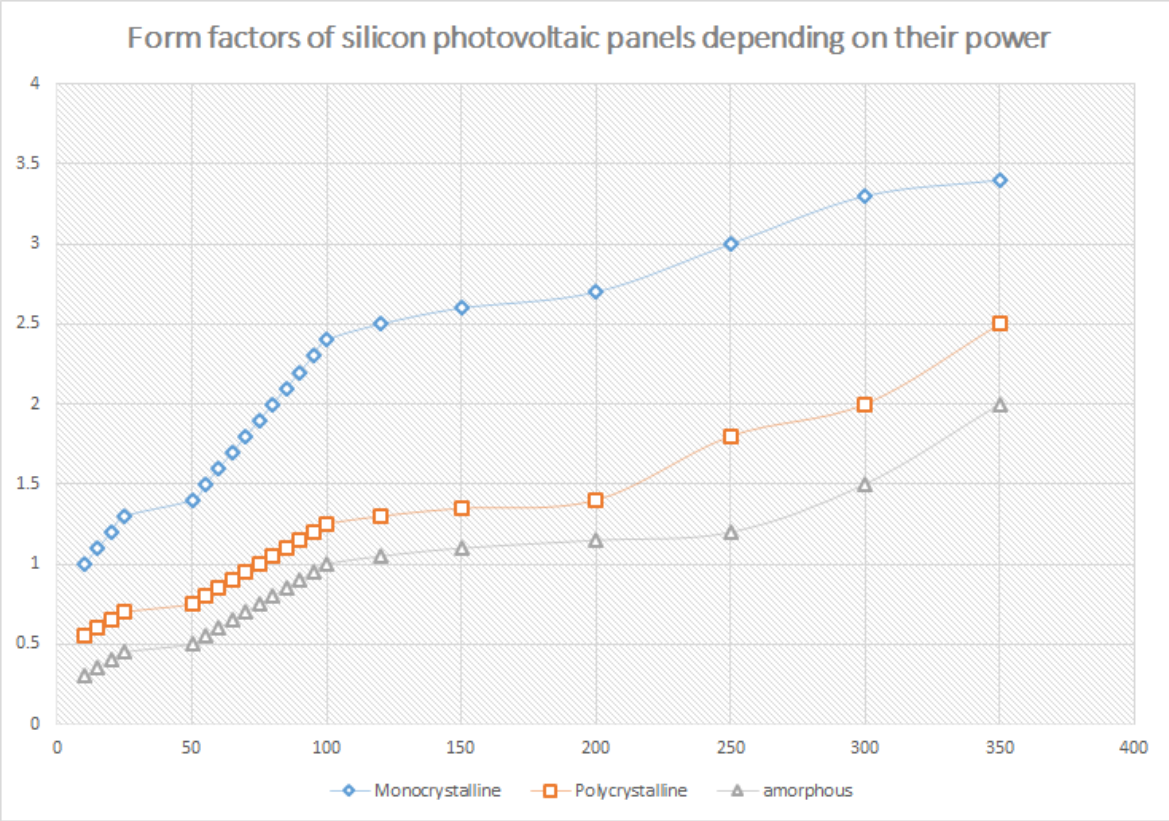
- Provide the best solutions for photovoltaic power generation and technical support
- Provide Cost-effective products
- Provide 12 Years Quality Warranty
- Power out $\geq 90\%$ in 10 years
- Power out $\geq 80\%$ in 25 years

Simax Green New Energy (Europa) GmbH
Mergenthaler Allee 23 / 25
65760 Eschborn / Germany
Tel.: +49 6196 9739 525
Fax: +49 6196 5929 684
info@simaxsolar.com
www.simaxsolar.de

Simax (Suzhou) Green New Energy Co., Ltd
Address: No. 567 Suzhou Road, Taicang city,
Jiangsu province, China
P.C.: 215400
Tel: +86 512 5337 8555
Fax: +86 512 5337 8556
info@simaxsolar.com
www.simaxsolar.com

Simax (Australia) Green New Energy Pty Ltd
5/78 Frankston Gardens Drive,
Carrum Downs, VIC 3210
Tel: +61 03 9708 2400
Fax: +61 03 9708 2482
info@simaxsolar.com
www.simaxsolar.com.au

A.4. Factores de forma de paneles fotovoltaicos



A.5. Ficha técnica de panel fotovoltaico policristalino

PANELES POLICRISTALINOS



EFICIENCIA DE LA CÉDULA
16%

GARANTÍA DE PRODUCTO
5 AÑOS

TOLERANCIA DE POTENCIA
0 - 5W

Número de artículo	Descripción	Peso neto	Rendimiento eléctrico bajo STC ⁽¹⁾				
			Nominal Potencial	Tensión Máxima	Corriente Máxima	Tensión en Vacío	Corriente de cortocircuito
			PMPP	VMPP	IMPP	Voc	Isc
		Kg	W	V	A	V	A
TAI50Wp-156-36P	20W - Poly 540x670x25 / 30mm	4.3	50	17.6	2.84	21.8	3.10
TAI80Wp-156-36P	80W - Poly 1030x670x35mm	6.8	80	17.6	4.55	21.8	4.90
TAI100Wp-156-36P	100W - Poly 1030x670x35mm	8.9	100	17.6	5.68	21.8	6.12
TAI150Wp-156-36P	150W - Poly 1470x680x35mm	12	150	17.90	6.70	22.40	8.81
TAI200Wp-156-54P	200W - Poly 1470x680x35mm	15	200	26.60	7.52	32.00	8.33
TAI250Wp-156-60P	250W - Poly 1640x992x40mm	17	250	30.00	8.33	36.40	9.03
TAI300Wp-156-72P	300W - Poly 1956x992x50mm	24	300	35.60	7.72	43.20	8.48


Módulo	TAI 50WP	TAI 80WP	TAI 100WP	TAI 150WP	TAI 200WP	TAI 250WP	TAI 300WP
Potencia nominal (tolerancia ±3%)	50W	80W	100W	150W	200W	250W	300W
Tipo de celda	Policristalina						
Cantidad de celdas en serie	36				54	60	72
Tensión máxima del sistema (V)	1000V						
Coefficiente de temperatura de PMPP	-0.47/°C			-0.47/°C			
Coefficiente de temperatura de Voc	-0.38/°C			-0.38/°C			
Coefficiente de temperatura de Isc (%)	+0.1/°C			+0.1/°C			
Rango de temperatura	- 40°C a +80°C						
Capacidad de carga máxima en su superficie	200kg/m²						
Resistencia máxima al impacto	23m/s, 7,53g						
Conector	MC4						
Longitud de los cables	900mm						
Tolerancia de salida	+/-3%						
Bastidor	Aluminio						
Garantía del producto	5 años						
Garantía sobre el rendimiento eléctrico	10 años 90% + 25 años 80% de la entrega de potencia						
Cantidad mínima de unidades por embalaje	1 panel						

1)

STC (Condiciones de prueba estándar): 1000W/m², 25°C, AM (masa de aire) 1,5

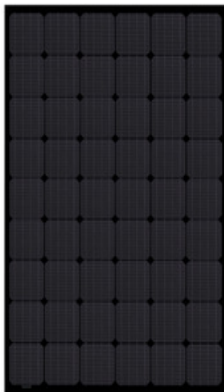
¹⁾ STC (Condiciones de prueba estándar): 1000W/m², 25°C, AM (masa de aire) 1,5

A.6. Ficha técnica de panel fotovoltaico amorfo



Alibaba.com
Global trade starts here™

Alta calidad 250 W panel solar de silicio amorfo



Descripción general

Detalles rápidos

Número de Modelo: PLM-250MA-60	Marca: Perligh
Energía máx.: 270 W	Número de células: 60 unids, 60 células
Talla: 1640*992*40	Lámina posterior ... Blanco/negro
Módulo peso: 18,1 kg	Contenedor: 20'GP/40'HQ
Paletas por conte... 6/14	Piezas por conten... 312/784
3 pasos EL prueba: 100%	Garantía de rendi... 25 años
Garantía del prod... 12 años	Tensión máxima d... 1000 V

Rendimiento eléctrico

Tipo de módulo	PLM-250MA-60					
Potencia de salida	W	250	255	260	265	270
Salida de potencia de las tolerancias	%	0-3				
Tensión en Pmax	V	30,49	30,92	31,18	31,48	31,73
Actual en Pmax	Un	8,20	8,25	8,34	8,42	8,51
Tensión de circuito abierto	V	38,00	38,10	38,20	38,31	38,42
Corriente de cortocircuito	Un	8,78	8,84	8,92	8,96	8,99

Las condiciones de funcionamiento

Max tensión de sistema	1000 V
Limitación de corriente inversa	15A
Rango de temperatura de funcionamiento	-40°C a 85°C
Carga frontal estática máx.	5400 Pa
Carga máxima estática trasera	2400 Pa
Impacto máx. hailstone (diámetro/velocidad)	25mm/23 m/s

A.7. Catalogo AUTOSOLAR, batería estacionaria GEL VRLA BAE 12V 431Ah



Batería Estacionaria BAE 12V 431Ah

Ref.: 1751012

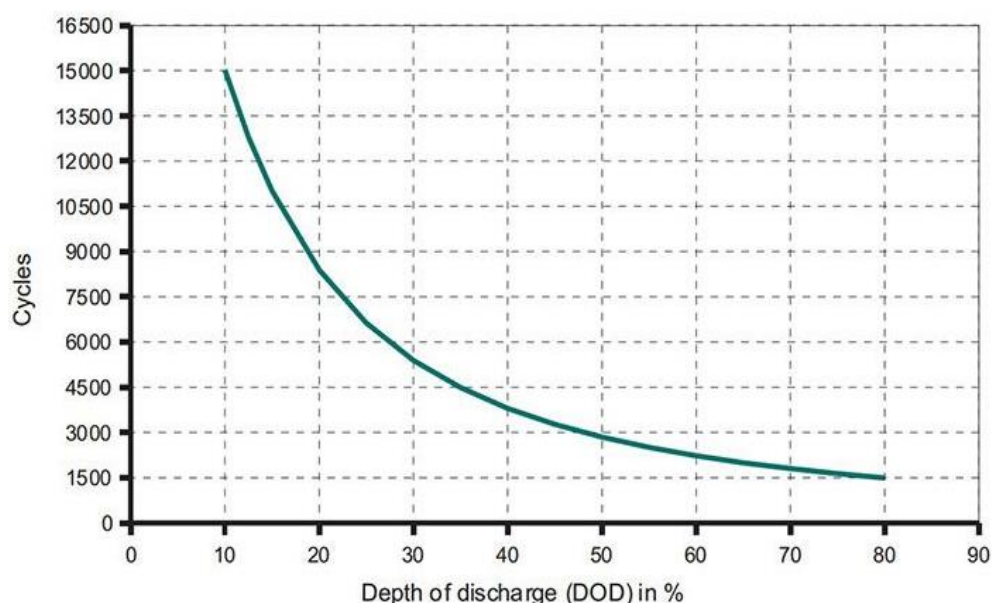


Batería estacionaria BAE 431Ah 12V, utilizada en aplicaciones solares y sistemas híbridos. Las baterías estacionarias BAE están caracterizadas por una alta capacidad ciclica además de tener un comportamiento de recarga excelente.

Descripción	Ficha Técnica	Comentarios	Preguntas
Voltaje de la Batería 12V	Amperios-Hora de la Batería 431Ah		
Capacidad medida de la Batería C100	Amperaje de la Batería Entre 300Ah – 600Ah		
Medidas de la Batería 105 x 208 x 420 (alto x ancho x alto). Medida por vaso estacionario.	Peso de la Batería 26kg por vaso estacionario Garantía de la Batería 2 años		

Las baterías estacionarias BAE 431Ah 12V se utilizan en aplicaciones de energía renovable, tales como la generación de energía fotovoltaica. Se utilizan en aplicaciones híbridas, así como en los sistemas fotovoltaicos independientes. Las baterías estacionarias BAE 431Ah 12V se caracterizan por una alta capacidad cíclica excepcional y un comportamiento de recarga excelente.

Aquí os mostramos los ciclos de vida de las baterías estacionarias BAE: ("Cycles" = N° de ciclos de vida / "Depth of discharge (DOD) in %" = Profundidad de la descarga)



Las baterías estacionarias BAE 431Ah 12V reflejan una calidad excepcional a través de:

- Largo ciclo de vida de aplicaciones cíclicas diarias aprobado acc. IEC 61427
- Diseño completamente aislado de la batería para asegurar la protección táctil
- Excelente capacidad de descarga total
- Deslizable patentado BAE "Panzerpole" para una fiabilidad perfecta
- Un diseño de conexión entre celdas externa para todas las baterías de bloques solares
- Fácil acceso para las mediciones a través del anillo de servicio y el tornillo poste asegurado
- Soluciones personalizadas de productos disponibles



A.8. Catálogo MORNINGSTAR –Controlador Prostar PS



El controlador solar **ProStar** de Morningstar es el líder mundial en controladores solares de mediano rango, ya sea para aplicaciones profesionales como para el consumidor en general. Esta segunda generación de controladores ProStar ofrece:

- Adiciona nuevas prestaciones y protecciones usando tecnología altamente avanzada
- Proporciona mayor vida útil a la batería y mejora el rendimiento del sistema
- Define nuevos estándares de confiabilidad y genera diagnósticos automáticos

Prestaciones Estándar:

- Versiones disponibles: 15 o 30 amperios
12 / 24 o 48 volts
positivo o negativo a tierra
- Vida útil de 15 años (estimado)
- Carga de baterías mediante PWM (sin derivación)
- Selección del tipo de batería: gel, sellada o con líquido
- Controles y medidas muy precisas
- Puente para eliminar el ruido de telecomunicaciones
- Paralelo para hasta 300 amp
- Compensación de temperatura

- Tropicalización: revestimiento de protección, fijadores de acero inoxidable y dissipador de calor de aluminio anodizado
- No es necesario conmutación ni medición en la pierna aterrada
- Componentes de estado sólido, 100%
- Caídas de tensión muy pequeñas
- Desconexión por baja tensión (LVD — Low Voltage Disconnect) con compensación de corriente
- Indicación de status y fallas de batería a través de LED
- Capaz de soportar sobrecargas hasta del 25%
- Terminales remotos con sensores de tensión de batería

Protecciones Electrónicas

- Cortocircuito — paneles solares y carga
- Sobrecarga — paneles solares y carga
- Polaridad invertida
- Corriente invertida por la noche
- Desconexión por alta tensión
- Desconexión por alta temperatura
- Protección contra relámpagos y sobre tensión o transitorios
- Cargas protegidas contra picos de tensión
- Restablecimiento automático de todas las protecciones

Prestaciones Opcionales del ProStar:

- Medidor digital
 - Visor de tensión y voltaje de alta precisión
 - Bajo consumo propio (1 mA)
 - Incluye botón de desconexión manual
 - Muestra 5 funciones de protección y de condiciones de desconexión
 - El auto-diagnóstico (auto-test) provee una prueba completa del ProStar:
 - Muestra 9 diferentes parámetros de estado del controlador, incluyendo la temperatura
 - Muestra las fallas detectadas
- Positivo a Tierra
- Sensor remoto de temperatura

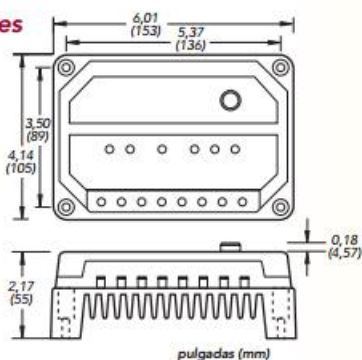
Carga de la batería optimizada:

El ProStar tiene 4 etapas de carga de batería, para proporcionar una mayor capacidad y tiempo de vida útil a la batería.



Especificaciones Mecánicas:

Peso:
0,34 kg
Calibre del cable:
6 AWG
(16 mm²)



Versiones del ProStar:

	PS-15	PS-30	PS15M-48V
Corriente nominal del panel solar	15A	30A	15A
Corriente nominal de carga	15A	30A	15A
Tensión del sistema	12/24V	12/24V	48V
Opciones:			
Medidor digital	si	si	estándar
Tierra positiva	no	si	si
Sensor remoto de temperatura	si	si	si

Puntos de Ajuste de La Batería*

	Gel	Sellada	Con líquido
Tensión de regulación	14,0	14,15	14,4
Flotante	13,7	13,7	13,7
Ecualización	n/a	14,35	14,9/15,1
Deconexión de la carga	11,4	11,4	11,4
Reconexión de la carga	12,6	12,6	12,6

Observación: los valores están especificados para 12V.

Use 2X para 24V e 4X para 48V.

Especificaciones Eléctricas:

	12V	24V	48V
Compensación de temperatura (mV/°C)*	- 30mV	- 60mV	- 120mV
Precisión	40mV	60mV	80mV
Minima temperatura de operación	8V	8V	15V
Autoconsumo	22mA	25mA	28mA
Coefficiente de corriente LVD**	- 20mV	- 40mV	- 80mV
Algoritmo de carga	PWM, tensión constante		
Temperatura de operación	- 40°C a + 60°C		
Visor digital:			
Temperatura de funcionamiento	- 30°C a + 85°C		
Precisión de la tensión	0,5%		
Precisión de corriente	2,0%		
Autoconsumo	1 mA		

* Referencia 25°C

** por ampere de carga

GARANTÍA: Cinco años de garantía. Contáctese con Morningstar o con un distribuidor autorizado para obtener los términos completos de la garantía.

DISTRIBUIDOR AUTORIZADO DE MORNINGSTAR:



1098 Washington Crossing Road
Washington Crossing, PA 18977 USA
Tel: 215-321-4457 Fax: 215-321-4458
E-mail: info@morningstarcorp.com
Website: www.morningstarcorp.com

PRINTED IN USA 2115-R1-7/01

A.9. Tablas y resumen del Código Nacional de Electricidad

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Material	Densidad a 20°C gr/cm ³	Resistividad a 20°C Ω.mm ² /m	Conductividad % IACS	Coefficiente térmico de resistencia a 20°C por °C	Modulo de elasticidad Kg/mm ²	Esfuerzo mínimo de rotura Kg/mm ²	Coefficiente de dilatación lineal a 20°C por °C
Cobre blando	8.89	0.01724	100	0.00393	10.000	25	1.7 x 10 ⁻⁵
Cobre semiduro	8.89	0.01783	96.66	0.00384	11.500	35	1.7 x 10 ⁻⁵
Cobre duro	8.89	0.01790	96.16	0.00382	12.650	42	1.7 x 10 ⁻⁵
Alineación de aluminio	2.7	0.0328	52.5	0.00360	5.700	28	2.3 x 10 ⁻⁵

COMPARACIÓN ENTRE LOS CALIBRES AMERICANOS Y EUROPEOS DE CABLES Y CONDUCTORES

CALIBRE AMERICANO		CALIBRE METRICO (europeo) mm ²
AWG - MCM	mm ²	
30 AWG	0.0509	0.05
28	0.0810	0.10
26	0.1288	
24	0.2047	0.25
22	0.3255	0.50
20	0.5176	0.75
18	0.8231	1.00
16	1.3090	1.50
14	2.081	2.5
12	3.309	4.0
10	5.261	6.0
8	8.366	10.0
6	13.30	16
4	21.15	25
2	33.63	35
1	42.41	50
1/0	53.48	70
2/0	67.43	70
3/0	85.03	95
4/0	107.20	120
250 MCM	126.7	150
300	151	185
350	177	185
400	202	240
500	253	300
600	303	400
700	354	400
750	380	400
800	407	500
900	455	500

Postes

Cimentación. Los bloques de cimentación deben ser comprobados con las fuerzas calculadas de las hipótesis de cálculo de los postes, de acuerdo con las prescripciones expuestas de 2.2.1.2 e). Para el cálculo se consideran los pesos propios de las cargas permanentes especificadas en 2.2.2.1 así como también el peso propio del bloque de cimentación.

Para los postes empotrados en roca o en mampostería no se aplican las prescripciones de 2.2.1.2 e), sino que se debe cumplir que el empotramiento sea el necesario para soportar los esfuerzos con factores de seguridad mínimos al vuelco de 1.5 en hipótesis normales y de 1.25 en hipótesis anormales.

En casos de postes directamente empotrados en terreno normal la profundidad de empotramiento en metros, si es que no se poseen datos del mismo, será la siguiente:

Postes de concreto, metálicos de madera: $H/10 + 0.60$

donde H = altura total del poste en m

Cálculo Mecánico

Acciones a considerar en el cálculo

El cálculo mecánico de los elementos constituyentes de la línea se efectuará bajo las cargas especificadas a continuación:

- a) Cargas permanentes debidas al peso de los distintos elementos como conductores aisladores, postes y accesorios.
- b) Viento. La acción del viento actuando perpendicularmente sobre la superficie batida de conductores y postes, de acuerdo con la siguiente expresión.

$$P = K \cdot V^2$$

Donde:

P = Presión del viento en kg/m^2

K = Coeficiente igual a 0.0042 para superficies cilíndricas y 0.007 para superficies planas.

V = Velocidad del viento en km/h de acuerdo a los valores establecidos en la fig. 2-1.

- c) Desequilibrio de tiros. Donde exista cambio de sección de los conductores, se deberá considerar el desequilibrio ocasionado por la diferencia de los tiros máximos de éstos.

Hipótesis de cálculo. Todos los postes se dimensionarán de acuerdo a las hipótesis de cálculo mostradas en la Tabla 2-XVI, según el tipo de poste.

factores de seguridad. Los factores de seguridad de los postes se aplicarán considerando la primera y segunda hipótesis de cálculo como hipótesis normales y la tercera y cuarta como hipótesis anormales.

En este sentido todas las fuerzas aplicadas se reducirán por momentos a una equivalente aplicada a 10cm. de la punta del poste para postes metálicos normales y de concreto, y 30 cm. para postes de madera, afectándose con los factores que se indican a continuación.

- i) Postes metálicos. Los factores de seguridad mínimos referidos al límite de fluencia del material serán de 1.5 y 1.1 para las hipótesis normales y anormales respectivamente de las fuerzas de tracción o compresión, cortadura y pandeo
- ii) Postes de concreto armado. El factor de seguridad mínimo a la rotura de los postes será igual a 2 para las hipótesis normales y 1.5 para las anormales.
- iii) Postes de madera. El factor de seguridad mínimo referido a la carga de rotura será de 3 para las hipótesis normales y 2 para las anormales.

A.10. Catálogo de Interruptores Termomagnético SICA



Desarrollados para cumplir con los estándares más exigentes, los interruptores automáticos Sica son los de mayor imposición en el mercado. Esto no solo se debe a que los mismos poseen sellos de conformidad IRAM, y certificación en todo el mercado latinoamericano; o que están contruidos con materiales y componentes de primera calidad; Se debe a que los mismos garantizan el respaldo que el instalador necesita a la hora de hacer el trabajo. Cuentan con la experiencia de Sica, que ya en 1968 fabricaba en Argentina sus primeros interruptores termomagnéticos. Desde entonces, Sica continúa mejorando los procesos de fabricación y controles de calidad para brindar

al instalador herramientas confiables para proteger y maniobrar sus instalaciones. La línea cuenta con la más amplia gama de productos, cubriendo todas las necesidades de la instalación, contando con interruptores automáticos termomagnéticos y por corriente diferencial, interruptores manuales, tableros integrados, programadores, señalizadores y descargadores. Sin lugar a dudas, mayor calidad y respaldo para sus instalaciones.



SicaLimit de 1 y 63 A



SicaLimit de 80 y 100 A



SuperLimit

Interruptores Automáticos Termomagnéticos

Limit 3kA

Intensidad (A)	Curva	Unipolar	Bipolar	Tripolar	Tetrapolar
1	C	782101	782201	782301	-----
2	C	782102	782202	782302	-----
3	C	782103	782203	782303	-----
5	C	782105	782205	782305	782405
10	C	782110	782210	782310	782410
15	C	782115	782215	782315	782415
16	C	782116	782216	782316	782416
20	C	782120	782220	782320	782420
25	C	782125	782225	782325	782425
32	C	782132	782232	782332	782432
40	C	782140	782240	782340	782440
50	C	782150	782250	782350	782450
63	C	782163	782263	782363	782463
80	D	782180	782280	782380	782480
100	D	782100	782200	782300	782400

Interruptores Automáticos Termomagnéticos

Super Limit 6kA

Intensidad (A)	Curva	Unipolar	Bipolar	Tripolar	Tetrapolar
2	C	762102	762202	762302	762402
4	C	762104	762204	762304	762404
6	C	762106	762206	762306	762406
10	C	762110	762210	762310	762410
16	C	762116	762216	762316	762416
20	C	762120	762220	762320	762420
25	C	762125	762225	762325	762425
32	C	762132	762232	762332	762432
40	C	762140	762240	762340	762440
50	C	762150	762250	762350	762450
63	C	762163	762263	762363	762463

Descripción

Los interruptores termomagnéticos SICA son el resultado del desarrollo tecnológico, en el que INDUSTRIAS SICA S.A.I.C. se empeña desde el año 1985. En un volumen compacto se ha desarrollado un interruptor automático fuertemente limitador que reduce sensiblemente la energía que deja pasar cuando interviene en el cortocircuito.

La línea SICALIMIT es indicada cuando la corriente presunta de cortocircuito alcanza valores de 3KA (curva C) con corrientes nominales de 1 a 63A y 10KA (curva D) para corrientes nominales de 80A y 100A.

La línea SUPERLIMIT es indicada cuando la corriente presunta de cortocircuito alcanza valores de 6KA (curva C) para corrientes nominales de 5 a 63A.

Los interruptores termomagnéticos SICA son construidos en material termoplástico autoextinguente, resistente al ensayo de punta incandescente de 960°C. La palanca de maniobra está protegida contra maniobras accidentales e involuntarias y puede bloquearse en la posición ABIERTO o CERRADO. Los interruptores multipolares se obtienen por la unión de interruptores unipolares vinculados mecánicamente por la unión de las palancas de maniobra y supervisados por un dispositivo de desenganche instantáneo que, en caso de un cortocircuito en un polo, abre todo el interruptor simultáneamente.

Características Técnicas

Los interruptores termomagnéticos SICALIMIT se construyen con características de disparo termomagnética "C" y "D", según los clasifica la norma IEC 60898 y poder de interrupción de 3KA y 10 KA respectivamente. Los interruptores termomagnéticos abren instantáneamente (magnéticamente) entre 5 y 10 veces la corriente nominal para los tipo "C" y entre 10 y 20 veces la corriente nominal cuando son tipo "D", permitiendo proteger de esta manera a la mayoría de los equipos con una corriente de conexión importante. Los morcetes terminales, protegidos contra contactos directos, poseen tornillos con cabeza a ranura y guía. El destornillador es guiado por una guía para evitar que se salga de la ranura, lográndose una excelente cupla de apriete. El conductor es aprisionado en un estribo que evita el corte de los alambres individualmente, llenando el espacio libre de alambres del conductor, obteniéndose de esta manera un insuperable contacto eléctrico.

Protección de los conductores contra sobrecargas

La protección de los conductores (aislados en PVC) contra las sobrecargas se obtiene de la siguiente manera:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (1)$$

donde:

I_b es la corriente de proyecto (corriente de empleo para la cual el circuito fue diseñado)

I_n es la corriente nominal del interruptor

I_z es la corriente nominal del conductor

y también

$$I_f \leq 1,45 \cdot I_z \quad (2)$$

donde:

$I_f = 1,45 \cdot I_n$ es la corriente que hace abrir al interruptor en menos de 1 hora, cuando I_n es $\leq 63A$, o en menos de 2 horas si $I_n > 63A$. Se debe cumplir con 1 y 2 para asegurar que el conductor estará protegido contra sobrecargas de corta y larga duración.

Protección de los Conductores contra Cortocircuitos

Para dispositivos de protección con tiempo de apertura inferior a 0,1s; la protección de los conductores está asegurada si se cumple:

$$K^2 S^2 \geq I^2 t$$

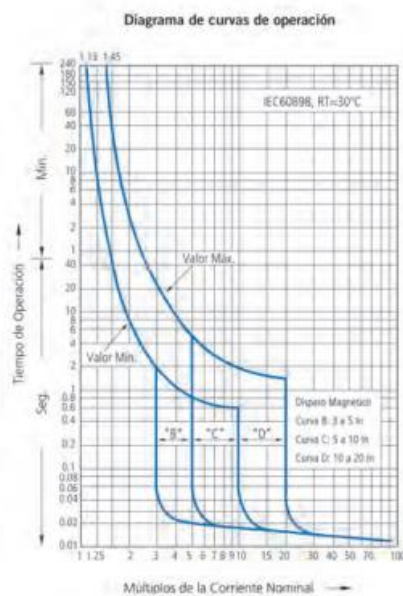
$I^2 t$: Máxima energía específica psante aguas abajo del dispositivo de protección.

Este dato está garantizado por INDUSTRIAS SICA y está a disposición del proyectista o instalador.

S: Sección nominal de los conductores, en milímetros cuadrados.

K: Factor que tiene en cuenta resistividad, coeficientes de temperatura del aislante y capacidad térmica.

Curva de Operación



Instalación

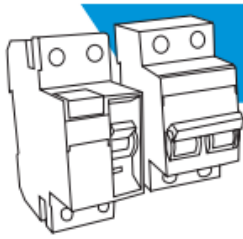
Los interruptores termomagnéticos SICA pueden instalarse y montarse sobre el perfil DIN en las cajas de la línea PRESTIGE, o en cualquier otra caja que ofrezca el perfil DIN como método de montaje. La fijación sobre el perfil es a presión, ofreciendo un seguro método de montaje y anclaje del interruptor al perfil DIN. Para el desmontaje debe usarse un destornillador para destrabar el o los seguros de anclaje.

Características Técnicas
Limit 3kA
Super Limit 6kA

		Sicalimit 1 a 63 A	80 y 100 A	5 a 63 A
Norma de aplicación		IEC 60898	IEC60947	IEC60898
Curva de disparo		C	D	C
Capacidad de Ruptura		Icn = 3000 A Ics = 100% Icn	Icu = 10000 A	Icn = 6000 A Ics = 100% Icn
Rango de intensidad	In	1 a 63 A	80 y 100 A	5 a 63 A
Número de polos		1 - 2 - 3 - 4	1 - 2 - 3 - 4	1 - 2 - 3 - 4
Tensión nominal de operación	Ue	240 / 415 V	240 / 415 V	240 / 415 V
Tensión de aislación mínima	Ui	500 V	500 V	500 V
Frecuencia		50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz
Corriente convencional de no-disparo	It	1,13 x In	1,05 In	1,13 x In
Corriente convencional de disparo	Int	1,45 x In	1,3 In	1,45 x In
Potencia disipada				
In < 10 A _N	In ≤ 10 A	3 W	-	3 W
10 < In < 16 A _N	10 < In ≤ 16 A	3,5 W	-	3,5 W
16 < In < 25 A _N	16 < In ≤ 25 A	4,5 W	-	4,5 W
25 < In < 32 A _N	25 < In ≤ 32 A	6 W	-	6 W
32 < In < 40 A _N	32 < In ≤ 40 A	7,5 W	-	7,5 W
40 < In < 50 A _N	40 < In ≤ 50 A	9 W	-	9 W
50 < In < 63 A _N	50 < In ≤ 63 A	13 W	-	13 W
In = 80 A	In = 80 A	-	15 W	-
In = 100 A	In = 100 A	-	15 W	-
Tensión de impulso	Uimp	5000 V	6000 V	6000 V
Resistencia de aislación mínima		2 / 5 Mohm	2 / 5 Mohm	2 / 5 Mohm
Rigidez dieléctrica		2500 V	2500 V	2500 V
Endurancia mecánica		20000 op	20000 op	20000 op
Endurancia eléctrica*		4000 op	4000 op	4000 op
Incombustibilidad		960 °C	960 °C	960 °C
Grado de protección		IP20	IP20	IP20
Posición de instalación		vertical	vertical	vertical
Temperatura de calibración		30 °C	30 °C	30 °C
Rango de trabajo		-5 °C a 40 °C	-5 °C a 40 °C	-5 °C a 40 °C
Altitud máxima		2000 m	2000 m	2000 m
Bornes de conexión		25 mm ²	50 mm ²	25 mm ²
Momento de apriete mínimo		2 Nm	3,5 Nm	2 Nm
Peso máximo por polo		100 gr	180 gr	118 gr
Montaje		Riel DIN 35mm	Riel DIN 35mm	Riel DIN 35mm

* mínimas garantizadas por ensayo

A.11. Catálogo de Interruptores Diferenciales SICA



Ficha Técnica

INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS DIFERENCIALES



Descripción

La protección diferencial de los interruptores diferenciales SICA es independiente de la tensión de alimentación y posee seguridad intrínseca, es decir que ante la aparición de una fuga a tierra está asegurado su correcto funcionamiento debido a que la energía que produce el disparo es proporcionada por la propia corriente de fuga.

Están constituidos por :

- Un transformador toroidal, a través del cual pasan todos los conductores activos (una fase y neutro si el diferencial es bipolar y tres fases y neutro si es tetrapolar).
- Un relé de medida y disparo.
- Un interruptor que abre el circuito controlado.

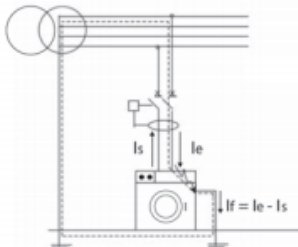


Figura 1

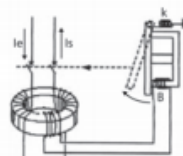


Figura 2

El principio de funcionamiento se basa en la ley de inducción electromagnética (Faraday-Lenz) que origina la creación de una fuerza electromotriz inducida debido a la variación del flujo magnético concatenado por una bobina. ($E = - N \frac{d\Phi}{dt}$).

Los conductores activos que pasan a través del toroide constituyen el arrollamiento primario del transformador.

Cuando existe una falla de aislamiento o un contacto accidental en uno de los conductores activos, se establece una corriente de falla que circula a través del conductor de protección cerrando el lazo de falla a través de la tierra. (Esquema de tierra TT, Figura 1).

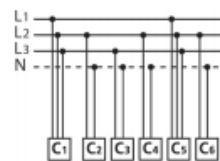
En este caso, la corriente que entra en el transformador toroidal I_e es distinta de la que sale I_s ya que parte de la corriente I_e deriva a tierra a través del conductor de protección (PE) constituyendo la corriente de falla $I_f = I_e - I_s$.

El desequilibrio de corrientes dentro del transformador toroidal es lo que origina el desequilibrio de los flujos magnéticos induciendo una fuerza electromotriz (Fem) en el arrollamiento secundario que cierra a través de un electroimán (ver figura 2), proporcionando un camino para la circulación de la corriente residual I_r originada por la Fem.

Cuando la corriente I_r está dentro de la zona de operación diferencial, la parte móvil del electroimán, que originalmente se mantenía unida debido a la fuerza de atracción que ejerce el imán permanente, abre el circuito magnético y acciona el mecanismo de apertura del interruptor diferencial.

Cuando el interruptor diferencial es tetrapolar el funcionamiento es análogo.

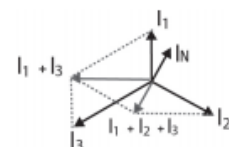
Si el sistema es trifásico con neutro, la suma vectorial de las intensidades de corriente de las tres fases es igual y opuesta a la intensidad de corriente que circula por el neutro, por lo que la suma vectorial total es igual a cero. (figura 3) También en este caso, el interruptor diferencial analiza la suma vectorial de las cuatro corrientes, e interviene cuando por una fuga esta suma difiere de cero y su valor entra dentro de la zona de operación del interruptor diferencial.



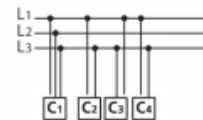
$C_1 \dots C_6$ = Cargas monofásicas y trifásicas

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_N = 0$$

Figura 3



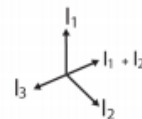
Los interruptores diferenciales tetrapolares también pueden utilizarse en redes trifásicas sin neutro. Conectado en el circuito trifásico, el interruptor diferencial interviene en caso de fuga a tierra, independientemente de la distribución de cargas en cada una de las fases. Esto es así, porque en los sistemas trifásicos sin neutro, la suma vectorial de las tres corrientes de las tres fases es siempre igual a cero, incluso cuando las tres fases estén desequilibradas (figura 4). El interruptor diferencial analiza la suma vectorial de las tres corrientes e interviene cuando por una fuga, esta suma es distinta de cero y su valor entra en la zona de la operación diferencial.



$C_1 \dots C_6$ = Cargas monofásicas y trifásicas

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

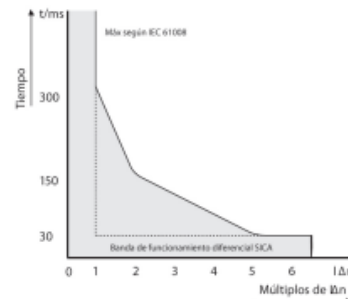
Figura 4



Los interruptores diferenciales puros "sin protección adicional incorporada" deben estar acompañados de la protección contra sobre cargas y cortocircuito.

Los interruptores diferenciales junto con la protección contra sobre cargas y cortocircuito constituyen una unidad completa para la protección de las instalaciones contra sobrecargas, cortocircuitos y tensiones de contacto.

Curva de Intervención



Características Técnicas

		Bipolar	Tetrapolar
Clase		AC	AC
Corriente nominal	I_n	16 - 25 - 40 - 63 A	40 - 63 A
Tensión nominal	U_n	240 V-	240 / 415 V-
Corriente diferencial nominal	$I_{\Delta n}$	10 - 30 mA	30 mA - 300 mA
Frecuencia		50/60 Hz	50/60 Hz
Capacidad nominal de ruptura y de conexión	I_m	500-630 A	500-630 A
Capacidad diferencial de ruptura y de conexión	$I_{\Delta m}$	500-630 A	500-630 A
Corriente nominal condicional de cortocircuito	I_{nc}	3000 A	3000 A
Dispositivo de protección contra cortocircuito	SCPD	Fus 63 A gG	Fus 63 A gG
Tensión de aislación mínima	U_i	500 V	500 V
Resistencia de aislación mínima		2/5 Mohm	2/5 Mohm
Rigidez dieléctrica		2500 V	2500 V
Incombustibilidad		960°C	960°C
Tamaño DIN		2 módulos	4 módulos
Rango de funcionamiento		-5 a 40°C	-5 a 40°C
Altitud máxima		2000 m	2000 m
Grado de protección		IP20	IP20
Bornes de conexión		25 ² mm	25 ² mm
Posición de instalación		vertical	vertical
Momento de apriete mínimo		2,5 Nm	2,5 Nm
Endurencia mecánica		10000 op	10000 op
Endurencia eléctrica a I_n *		2000 op	2000 op
Peso máximo		240 gr	410 gr
Montaje		Riel DIN 35 mm	Riel DIN 35 mm

* mínimas garantizadas por ensayo

Intalación y Conexión

Los bornes de conexión de entrada son 1,3,5 y N y los de salida son 2,4,6 y N, están grabados en la cubierta frontal del dispositivo. Cuando se instale un interruptor tetrapolar en una red trifásica sin neutro se debe efectuar un puente en los bornes de entrada, entre el borne 3 y N o entre el borne 1 y N a los efectos de garantizar el funcionamiento del dispositivo de prueba. Ver figura 6.

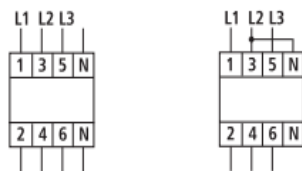


Figura 6

Botón de Prueba

Todos los interruptores diferenciales SICA cuentan con un dispositivo o botón de prueba mediante el cual es posible verificar el correcto funcionamiento de la protección diferencial. Mediante dicho dispositivo, debe testearse mensualmente el funcionamiento del interruptor diferencial.

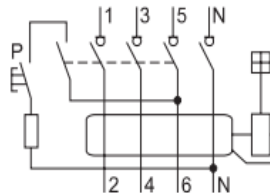


Figura 5



Bussmann

Máxima protección en aplicaciones de energía solar

Los nuevos fusibles PV de Cooper Bussmann® ofrecen gran protección a sistemas fotovoltaicos de hasta 1,000 V_{CD}

La necesidad de energías alternativas ha dado lugar a otra innovación en Cooper Bussmann®, líder en protección de circuitos. El desarrollo de avanzados sistemas de fotoceldas solares ha acelerado la demanda de fusibles de alto desempeño. Las condiciones de cortocircuito relacionadas con las fotoceldas solares no permiten niveles de corriente suficientes para interrumpir un fusible tradicional, de manera que se aislen eficazmente las cadenas fotovoltaicas (PV) con falla. La nueva línea de fusibles PV de Cooper Bussmann® ofrece un rango completo de protección, que los fusibles tradicionales no pueden proporcionar.

Protección contra fallas de bajo nivel

- Los fusibles PV son fusibles de rango completo y pueden proteger al sistema contra fallas tan bajas como 1.3 veces la capacidad nominal (I_n) del fusible a 1,000 V_{CD}. Están diseñados específicamente para celdas de película delgada y fotoceldas de silicio cristalino de 4", 5" y 6".

Mayor resistencia a condiciones climáticas

- Los fusibles PV se prueban bajo condiciones climáticas extremas, lo que les permite soportar las condiciones climáticas asociadas con la operación de sistemas de fotoceldas solares y el medio ambiente.

Capacidad de hasta 1,000 V_{CD}

- Los fusibles PV están diseñados para un voltaje de operación máximo de 1,000 V_{DC}, con base en sistemas típicos de fotoceldas solares con L/R de 1 ms o menor.

Dimensiones aceptadas mundialmente:

10 mm x 38 mm

- Los fusibles PV, en todas sus clasificaciones de corriente, están disponibles con casquillo estándar, montaje con tornillo o montaje de Circuito Impreso.



Especificaciones

Clasificaciones

Voltaje:	1,000 V _{co}
Amperaje:	1-15 A
Capacidad de interrupción:	33 kA CD
Interrupción mínima:	1.3 veces la I _n
Coordinación de fusibles PV:	con celdas de película delgada y celdas de silicio cristalino de 4", 5" y 6"
Constante de Tiempo (L/R):	Menor a 1 ms

Especificaciones técnicas

Número de parte	Capacidad Nominal (Amperes)	Integrales de energía (A ² s/I ² t)		Pérdida de energía (watts)	
		Prearqueo	Total a 1,000 V _{co}	0.8 I _n	I _n
PV-1A10F	1 A	0.15	0.4	0.2	1.5
PV-2A10F	2 A	1.2	3.4	0.2	1.0
PV-3A10F	3 A	4	11	0.3	1.3
PV-4A10F	4 A	9.5	26	0.4	1.3
PV-5A10F	5 A	19	50	0.4	1.6
PV-6A10F	6 A	30	90	0.4	1.8
PV-8A10F	8 A	3	32	1.2	2.1
PV-10A10F	10 A	7	70	1.2	2.3
PV-12A10F	12 A	12	120	1.5	2.7
PV-15A10F	15 A	22	220	1.7	2.9



Los fusibles PV están diseñados específicamente para trabajar en sistemas de fotoceldas solares formados por celdas de 4", 5" y 6".

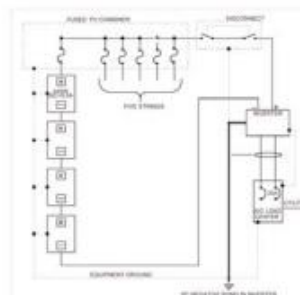


Diagrama típico del cableado de fotoceldas solares

Bases y Bloques Portafusibles*

Cooper Bussmann® recomendados

Número de catálogo	Tipo	Amps. máx.	Polos
BM6031PQ	Base portafusible**	30	1
BM6032PQ	Base portafusible**	30	2
BM6033PQ	Base portafusible**	30	3
CHM1	Portafusible seguro para los dedos***	30	1
CHM2	Portafusible seguro para los dedos***	30	2
CHM3	Portafusible seguro para los dedos***	30	3

* Certificado para 1,000 V_{co}

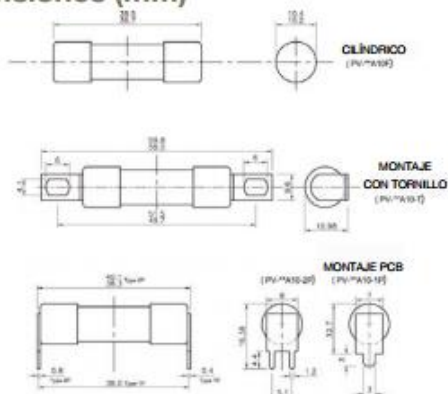
** Consultar Hoja de datos de producto 1104 para información más detallada.

*** Consultar Hoja de datos de producto 2143 para información más detallada.



Base portafusibles BM6033PQ y portafusible CHM1

Dimensiones (mm)



Los fusibles PV con casquillo se montan fácilmente en bases portafusibles convencionales BM6031.

©2009 Cooper Bussmann
St. Louis, MO 63178
636-394-2877
www.cooperbussmann.com

Pedir con el # 3142 0509 10M

Impreso en USA

COOPER Bussmann

A.13. Esfuerzo admisible según el tipo de terrenos

Naturaleza	Esfuerzo admisible KPa
Roca dura solida	2400
Pizarra o roca mediana	960
Roca blanda	480
Arcilla dura o grava compacta	380
Arcilla blanda o arena suelta	100

A.14. Características según el tipo de suelo

Características físicas típicas de diversos suelos			
TIPO DE SUELO	γ (T/m ³)	ϕ (grados)	c (T/m ²)
Bloques y bolos sueltos	1.70	35-40°	-
Grava	1.70	37.5°	
Grava arenosa	1.90	35°	
Arena compacta	1.90	32.5-35°	-
Arena semicompacta	1.80	30-32.5°	
Arena suelta	1.70	27.5-30°	
Limo firme	2.00	27.5°	1-5
Limo	1.90	25°	1-5
Limo blando	1.80	22.5°	1-2.5
Marga arenosa rígida	2.20	30°	20-70
Arcilla arenosa firme	1.90	25°	10-20
Arcilla media	1.80	20°	5-10
Arcilla blanda	1.70	17.5	2-5
Fango blando arcilloso	1.40	15°	1-2
Suelos orgánicos (turba)	1.10	10-15°	-

A.15. Validación de la investigación por expertos

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ÍTEM	CRITERIOS A EVALUAR						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)
	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
1	X		X		X		
2							
3							
4							
5							
6							
7							
Aspectos Generales					Sí	No	
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario					X		
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación					X		
El número de ítems es suficiente para recoger la información. En caso de ser negativa su respuesta, sugiera los ítems a añadir					X		
VALIDEZ							
APLICABLE				X	NO APLICABLE		
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable y/o dimensión.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar el indicador de la dimensión y la variable.

³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

DATOS GENERALES DEL EXPERTO

Apellidos y nombres: *Paredes Coruera Edwin Danilo*

Profesión: *Ingeniero Electrónico*

Especialidad: *Gestión de Mantenimiento*


 CIP 224523
 Firma del Experto

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ÍTEM	CRITERIOS A EVALUAR						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)
	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
1	X		X		X		
2							
3							
4							
5							
6							
7							
Aspectos Generales					Sí	No	
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario					X		
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación					X		
El número de ítems es suficiente para recoger la información. En caso de ser negativa su respuesta, sugiera los ítems a añadir					X		
VALIDEZ							
APLICABLE				X	NO APLICABLE		
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

¹Pertinencia: El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable y/o dimensión.

²Relevancia: El ítem es apropiado para representar el indicador de la dimensión y la variable.

³Claridad: Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

DATOS GENERALES DEL EXPERTO

Apellidos y nombres: IPARRAGUIRAE LOZANO ARQUIMEDES

Profesión: INGENIERO MECANICO

Especialidad: DISEÑO MAQUINAS

Arquimedes
Arquimedes Iparraguirre Lozano
ING. MECANICO
R. CIP. 72018

Firma del Experto

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

ÍTEM	CRITERIOS A EVALUAR						Observaciones (si debe eliminarse o modificarse un ítem por favor indique)
	Pertinencia ¹		Relevancia ²		Claridad ³		
	Sí	No	Sí	No	Sí	No	
1	X		X		X		
2							
3							
4							
5							
6							
7							
Aspectos Generales					Sí	No	
El instrumento contiene instrucciones claras y precisas para responder el cuestionario					X		
Los ítems permiten el logro del objetivo de la investigación					X		
El número de ítems es suficiente para recoger la información. En caso de ser negativa su respuesta, sugiera los ítems a añadir					X		
VALIDEZ							
APLICABLE				X	NO APLICABLE		
APLICA ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES							

¹**Pertinencia:** El ítem corresponde al concepto teórico formulado de la variable y/o dimensión.

²**Relevancia:** El ítem es apropiado para representar el indicador de la dimensión y la variable.

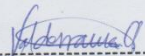
³**Claridad:** Se entiende sin dificultad alguna el enunciado del ítem, es conciso, exacto y directo.

DATOS GENERALES DEL EXPERTO

Apellidos y nombres: Valderrama Campos, Edwin Ronald

Profesión: Ingeniero Mecánico

Especialidad: Oncología Torácica


 CEP: 189677
Firma del Experto

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 2
--	--	---

Yo, Maria Elisa Armas Alvarado
 docente de la Facultad Ing. Mecánica Eléctrica y
 Escuela Profesional de la Universidad
 César Vallejo de Trujillo (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada
 " Análisis y selección de fuente energética fotovoltaica
para la conservación de productos biológicos en el
centro poblado Chaguín
 " del (de la) estudiante Kelvin Llover Ronce Valverde y Jorge Juan
Velásquez Zuñillos constato que la investigación tiene un índice
 de similitud de 1.3 % verificable en el reporte de originalidad del programa
 Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las
 coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis
 cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la
 Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha Trujillo, 17 de Diciembre 2019

.....
 Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente

DNI: 44673049

 Revisó Vicerrectorado de Investigación	 Responsable del SAC	 Aprobó Rectorado
---	--	---

NOTA: Cuando el documento impreso diferente del original, y cualquier archivo electrónico que se encuentren fuera del campus Virtual Trilce serán considerados como COPIA NO CONTROLADA.

TURNITIN TESIS.pdf - Adobe Acrobat Pro

Archivo Edición Ver Ventana Ayuda

Crear

101 / 105 100%

Herramientas Firmar Comentario

“Análisis y selección de fuente energética fotovoltaica para la conservación de productos biológicos en el Centro Poblado Chaguin”

ORIGINALITY REPORT

13%	11%	1%	9%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repositorio.ucv.edu.pe Internet Source	6%
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Student Paper	3%
3	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Student Paper	1%
4	Submitted to Universidad Católica San Pablo	1%

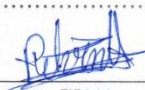
4:46 a.m.
20/05/2020

	AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV	Código : F08-PP-PR-02.02
		Versión : 09
		Fecha : 23-03-2018
		Página : 1 de 1

Yo Ponce Valverde Kelvin Laver, identificado con DNI N° 46221161, egresado de la Escuela Profesional de Ing. Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, autorizo ☒ No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Análisis y selección de fuente energética Fotovoltaica para conservación de productos Biológicos en el centro poblado Chagvin"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....



FIRMA

DNI: 46221161

FECHA: 20 de Diciembre del 2019.

			
Revisó	Vicerrectorado de Investigación	Responso	Aprobó

NOTA: Cualquier documento impreso diferente del original, y cualquier archivo electrónico que se encuentren fuera del Campus Virtual Trilce serán considerados como COPIA NO CONTROLADA.



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo Velásquez Zevallos Jorge Juan, identificado con DNI N° 17893463, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, autorizo ☒ , No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado "Análisis y selección de fuente energética fotovoltaica para la conservación de productos biológicos en el centro Poblado Chagüen"; en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....


FIRMA

DNI: 17893463

FECHA: 20 de 12 del 2019



NOTA: Cualquier documento impreso diferente del original, y cualquier archivo electrónico que se encuentren fuera del Campus Virtual Trilce serán considerados como COPIA NO CONTRIBUIDA.

DICTAMEN DE LA SUSTENTACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN PROFESIONAL

El Jurado evaluador del Trabajo de Titulación profesional:

“ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE FUENTE ENERGÉTICA FOTOVOLTAICA PARA
LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS BIOLÓGICOS EN EL CENTRO
POBLADO CHAGUIN”

Que ha sustentado (e) l (a) bachiller :

PONCE VALVERDE KELVIN YOVER

Acuerda aprobar por:

_____ MAYORÍA _____

y recomienda: _____

Trujillo, 19 de Diciembre de 2019

Miembro(a) del Jurado : Maria Elisia Armas Alveredo
MARÍA ARMAS


Firma

Miembro(a) del Jurado : Raúl Paredes Roxo
RAÚL PAREDES


Firma

Miembro(a) del Jurado: Juan Carlos Bengoa Seminario
JUAN CARLOS BENGOA


Firma

DICTAMEN DE LA SUSTENTACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN PROFESIONAL

El Jurado evaluador del Trabajo de Titulación profesional:

“ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE FUENTE ENERGÉTICA FOTOVOLTAICA PARA
LA CONSERVACIÓN DE PRODUCTOS BIOLÓGICOS EN EL CENTRO
POBLADO CHAGUIN”

Que ha sustentado (e) l (a) bachiller :

VELÁSQUEZ ZEVALLOS JORGE JUAN

Acuerda aprobar por:

_____ MAYORÍA _____

y recomienda: _____

Trujillo, 19 de septiembre de 2019

Miembro(a) del Jurado : Maria Elisa Armas Alvarado
MARÍA ARMAS

[Firma]
Firma

Miembro(a) del Jurado : Raúl Paredes Rosario
RAÚL PAREDES

[Firma]
Firma

Miembro(a) del Jurado: Juan Carlos Bengoa Seminerio
JUAN CARLOS BENGOA

[Firma]
Firma

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE ARTÍCULO CIENTÍFICO

Yo, Kelvin Llover Ponce Valverde Identificado con DNI (X) OTRO () N°:
46221161 Egresado / Docente de la Escuela de profesional
de Ing. Mecánica eléctrica, autorizo la divulgación y comunicación
pública de mi trabajo de investigación titulado:
" Análisis y selección de fuente energética fotovoltaica
para la conservación de productos biológicos
en el centro poblado Chagüín"

En la revista Tecnología & Desarrollo con ISSN N° 1819-4575, declarando que este artículo no ha sido presentado en otras revistas y es de mi autoría, firmo para los fines pertinentes.

Observaciones:

.....
.....
.....


FIRMA

DNI: 46221161

FECHA: 20-12-19

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE ARTÍCULO CIENTÍFICO

Yo, Serge Swan Velasquez Zevallos Identificado con DNI (X) OTRO () N°:
17895463 Egresado / Docente de la Escuela de profesional
de Ing. Mecánica Eléctrica, autorizo la divulgación y comunicación
pública de mi trabajo de investigación titulado:
" Análisis y selección de fuente energética Fotovoltaica
para la conservación de productos biológicos en el
centro Poblado Chagüín"

En la revista Tecnología & Desarrollo con ISSN N° 1819-4575, declarando que este artículo no ha
sido presentado en otras revistas y es de mi autoría, firmo para los fines pertinentes.

Observaciones:

.....
.....
.....



FIRMA

DNI: 17895463

FECHA: 20-12-19



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Jorge Juan Velásquez Zevallos

INFORME TÍTULADO:

Análisis y selección de fuente energética fotovoltaica para la conservación de productos biológicos en el Centro Poblado Chaguín, Santa Rosa - Trujillo

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

SUSTENTADO EN FECHA: 19 DE DICIEMBRE DEL 2019

NOTA O MENCIÓN: DOCE

DR. JORGE ANTONIO INCISO VÁSQUEZ
ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Kelvin Yover Ponce Valverde

INFORME TÍTULADO:

Análisis y selección de fuente energética fotovoltaica para la conservación de productos biológicos en el Centro Poblado Chaguin", Santa Rosa - Trujillo

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

SUSTENTADO EN FECHA: 19 DE DICIEMBRE DEL 2019

NOTA O MENCIÓN: TRECE

DR. JORGE ANTONIO INCISO VÁSQUEZ
ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA